面向21世纪的中国生物多样性保护

CHINA'S BIODIVERSITY CONSERVATION TOWARD THE 21ST CENTURY

第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集

Proceedings of the Third National Symposium on the Conservation and Sustainable Use of Biological Diversity

中国科学院生物多样性委员会

Biodiversity Committee, The Chinese Academy of Sciences

国家环境保护总局自然生态保护司

Department of Natural Conservation, State Environmental Protection Administration

国家林业局野生动植物保护司

Department for Wildlife and Forest Plants Protection, The National Forestry Administration

中国林业出版社

58.181
520
外赠

面向21世纪的 中国生物多样性保护

CHINA'S BIODIVERSITY CONSERVATION TOWARD THE 21ST CENTURY

第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集

Proceedings of the Third National Symposium on the Conservation and Sustainable Use of Biological Diversity

中国科学院生物多样性委员会
Biodiversity Committee, the Chinese Academy of Sciences
国家环境保护总局自然生态保护司
Department of Natural Conservation, State Environmental Protection Administration
国家林业局野生动植物保护司
Department for Wildlife and Forest Plants Protection, the National Forestry Administration

中国林业出版社

中科院植物所图书馆
S0047320

图书在版编目(CIP)数据

面向21世纪的中国生物多样性保护/中国科学院生物多样性委员会　等编. 一北京：中国林业出版社，1999.12

ISBN 7-5038-2458-1

Ⅰ.面…　Ⅱ.中…　Ⅲ.生物多样性-研究-中国-文集　Ⅳ.Q-53

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第72942号

中国林业出版社出版

北京西城区刘海胡同7号　邮政编码:100009

北京地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

* * *

开本:787mm×1092mm　1/16　印张:31　字数:788千字

2000年1月第1版　2000年1月第1次印刷

印数:1～1050册　定价:80.00元

编 委 会

主　编:许智宏

副主编:(依姓氏拼音为序)

马克平(常务)　王德辉　严　旬

委　员:(依姓氏拼音为序)

陈灵芝　陈清潮　陈宜瑜　韩兴国　洪德元　黄大卫
黄宏文　纪力强　季维智　金鉴明　康　乐　李德铢
李典谟　李新正　马建章　马克平　潘伯荣　钱迎倩
佟凤勤　王礼嫱　汪　松　王祖望　谢　平　许再富
许智宏　叶万辉　张新时　张亚平　赵丽惠　赵士洞
庄文颖

主持单位:中国科学院生物多样性委员会
国家环境保护总局自然生态保护司
国家林业局野生动植物保护司

Editorial Board

Editor－in－Chief:　Xu Zhihong

Vice Editors－in－Chief:Ma Keping(executive editor) Wang Dehui Yan Xun

Members:
Chen Lingzhi　Chen Qingchao　Chen Yiyu
Han Xingguo　Hong Deyuan　Huang Dawei
Huang Hongwen　Ji Liqiang　Ji Weizhi
Jin Jianming　Kang Le　Li Dezhu
Li Dianmo　Li Xinzheng　Ma Jianzhang
Ma Keping　Pan Borong　Qian Yingqian
Tong Fengqin　Wang Liqiang　Wang Song
Wang Zuwang　Xie Ping　Xu Zaifu
Xu Zhihong　Ye Wanhui　Zhang Xinshi
Zhang Yaping　Zhao Lihui　Zhao Shidong
Zhuang Wenying

Responsible Institutions:
Biodiversity Committee, the Chinese Academy of Sciences
Department of Natural Conservation, State Environmental Protection Administration
Department for Wildlife and Forest Plants Protection , the National Forestry Administration

责任编辑:吴金友,赵丽惠

正文设计:赵丽惠

内容提要

本书共收录生物多样性保护与持续利用方面的论文59篇，其中遗传多样性9篇，物种多样性16篇，生态系统多样性19篇，生物多样性信息管理4篇和综论性文章11篇。还包括2篇大会讲话。该文集比较全面地反映了当前我国生物多样性领域研究的新进展和新成就，对于从事本领域工作的学者、自然保护工作者、有志从事该领域研究的人员具有重要的参考价值。

前　言

生物多样性是人类赖以生存和发展的基础，具有巨大的商品和公益价值。据 Costanza 等(Nature,1997)估计，全球生物多样性每年为人类创造约 33 兆美元的价值。最近，美国总统科学顾问委员会从活资本(living capital)的战略高度，认识和重视生物多样性的保护和利用(PCAST,1998)。中国是世界上少数几个"生物多样性特别丰富的国家"(mega-diversity countries)之一。作为人口最多的发展中国家和农业大国，中国比其他国家更依赖于生物多样性。然而，巨大的人口压力、高速的经济发展对资源需求的日益增加和利用不当，使中国生物多样性受到极为严重的威胁：40%的生态系统已严重退化、15%～20%的物种受到严重威胁、遗传多样性大量丧失(中国 21 世纪议程，1994)。因此，生物多样性研究和保护已成为我国实施可持续发展战略的重要保障。

我国生物多样性研究和保护起步较晚，但国家有关部门都给予了重视，形成了一定的研究基础。"八五"以来，国家科委(科技部)、国家自然科学基金委员会、中国科学院等部门都分别设立重大项目，开展相关研究。这些研究，初步明确了我国一些重要森林、草原、淡水和珊瑚礁生态系统的受损现状及其原因，评估了重要濒危物种的受威胁状态及其机制，为生物多样性保育提供了一定的科学依据。有数十篇研究论文在国际重要杂志(如 Nature，PNAS 等)发表，其中一些工作在国际学术界产生了重要影响。加之《中国动植物遗传多样性》等数十部专著(文集)的出版反映了我国该领域的整体科研水平。在 UNEP 等国际组织的资金支持下，履行"生物多样性公约"的国家纲领性文件《中国生物多样性保护行动计划》(1994)和《中国生物多样性国情研究报告》(1998)中英文版相继问世，在国内外，尤其在国际上产生了较大影响。总之，中国生物多样性的研究积累了一定基础，但这些与我国生物多样性的丰富程度和受威胁程度仍不相称，亟待加强相关研究，以服务于我国生物多样性保护和国民经济协调发展的迫切需要，同时力争在国际上占有一席之地。

为了更好地推动我国生物多样性领域的研究工作，中国科学院生物多样性委员会联合国家环境保护总局自然生态保护司和国家林业局野生动植物保护司于 1998 年 12 月 11～13 日在昆明市共同主持召开了"第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会"。会前，收到论文摘要 154 篇，编辑了论文摘要集，在会上进行了交流。同时，邀请了我国生物多样性领域 17 位知名专家做了大会报告(详见附录 1)。由于与会者积极参与，使会议取得了圆满成功。为了扩大影响，比较集中地反映自 1996 年"第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会"以来，我国本领域研究的进展。决定编辑出版会议论文集。这项工作得到了有关方面的积极支持和与会代表的热烈响应。经专家审稿、作者修改后，有 59 篇文章收入本文集。其中综合性论文 11 篇，遗传多样性方面论文 9 篇，物种多样性方面论文 16 篇，生态系统多样性方面论文 19 篇，生物多样性信息管理方面的论文 4 篇。

在本文集的编写过程中，中国科学院生物多样性委员会办公室的赵丽惠同志完成了大量的编辑工作，中国科学院植物研究所曹坤芳博士审校了英文摘要，中国科学院生物多样性委员会副主任马克平博士负责统编、审订工作，有关部门的编委和有关的同志也以不同的形式为文

集的正式出版作出了贡献。尽管我们尽力而为，但仍会有诸多不尽如人意、甚至错误之处，恳请有关专家和广大同行朋友提出意见和建议，以利我们改进工作。

编委会

1999年9月25日

目　录

大会讲话……………………………………………………………………………………………… (1)

第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会开幕词……………………………… 许智宏(3)
第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会闭幕词……………………………… 马克平(5)

综　论………………………………………………………………………………………………… (7)

海洋生物多样性研究进展……………………………………………………………………… 陈清潮(9)
环境污染的全球化与生物多样性的丧失 … 段昌群　高圣义　王宏镔　孟　琳　王焕校(13)
天然林保护工程在东北林区生物多样性保护中的意义 ……… 郝占庆　王庆礼　代力民(21)
台湾生物多样性的保育近况 ……………………………………………… 黄　生　林曜松(27)
自然保护区——就地保护与植物园——迁地保护 ……………………… 黄忠良　王俊浩(30)
云南楚雄彝族的植物文化与生物多样性保护 …………………… 刘爱忠　裴盛基　陈三阳(38)
运用傣族的传统信仰保护西双版纳植物多样性的探讨 ……… 刘宏茂　许再富　段其武(46)
中国海洋生物多样性保护现状及国际合作前景 ………………………………………… 王　斌(51)
民族森林文化与生物多样性有效管理 …………………………………………………… 许再富(58)
中国生物多样性保护的立法现状、存在问题及对策………………………………………… 张建伟(64)
从可持续发展谈中国的生物多样性保护 …………………………………………………… 周文能(70)

遗传多样性 ……………………………………………………………………………………………… (77)

濒危动物遗传多样性研究 ……………………………………………………… 丁　波　张亚平(79)
中国野生稻的种类、地理分布及其生物学特征……………………………………………………
……………………………………… 范树国　张再君　刘　林　刘鸿先　梁承邺(84)
稻种遗传资源的多样性 ……………………… 范树国　张再君　刘　林　刘鸿先　梁承邺(96)
中国野生稻遗传资源的保护及其在育种中的利用 ………………………………………………
……………………………………… 范树国　张再君　刘　林　刘鸿先　梁承邺(102)
油松育种系统多群体同工酶变异研究………………………………………… 李　悦　张春晓(112)
中国农用植物多样性与农业可持续发展……………………………………… 刘　旭　董玉琛(121)
世纪之交中国作物种质资源保护与持续利用的回顾和展望……………… 刘　旭　董玉琛(128)
油松10个天然与人工群体两个同工酶系统的遗传多样性研究……………………………………
……………………………………………………… 张春晓　李　悦　沈熙环　陈雪梅(137)
鲮鱼的RAPD遗传分析 ………………………… 张　跃　朱新平　郑光明　罗建仁　夏仕玲(145)

物种多样性……………………………………………………………………………………………… (153)

中国鸡形目鸟类研究保护及持续利用探讨……………………………………… 韩联宪　周　伟(155)
若尔盖高原湿地生物多样性现状及其保护对策……………… 何池全　赵魁义　赵志春(163)
地球变迁、古环境变化及陆生植物的形成与演化 …………………………………… 全建华(171)

香港两栖类之多样性及其所面对危机…………………………………………………… 刘惠宁(182)
中国姜科植物的多样性和保育……………………………………………………………… 刘 念(187)
新疆天山葱属野生植物多样性的研究……………… 陆峻岧 白玉亭 马 盾 刘志勇(192)
河南伏牛山区植物多样性及保护研究……………………… 王磐基 杨永芳 胡 彧(198)
广东和海南地区的中国种子特有属植物………………………………………………… 王瑞江(208)
香港原生兰花的保育工作……………………………………………… 萧丽萍 周锦超(222)
国产大黄属植物的生态地理分布…………………………………………………………… 谢宗强(230)
广东特有植物厚叶木莲的现状及其保护…………… 曾庆文 刘银至 韦 强 周仁章(239)
庐山蕨类植物的多样性及其保护和持续利用……………………… 詹选怀 徐祥美(252)
中国动物园的多样性现状与发展对策……………………………………………………… 张林源(259)
麋鹿的兴衰与受威胁等级变化研究……………………… 张林源 夏经世 蒋志刚(265)
湖北神农架自然保护区的昆虫物种多样性初步研究 ………………………………………
……………………………… 周红章 于晓东 罗天宏 何君舰 周海生 叶婵娟(272)
云南澜沧江水系鱼类资源的保护及持续利用……………………… 周 伟 韩联宪(282)

生态系统多样性………………………………………………………………………………… (289)

河南宝天曼青檀群落的初步研究…………………………………………………………… 程瑞梅(291)
外来有害植物对我国生物多样性的影响及其治理现状与对策
……………………………………………………………… 丁建清 王 韧 付卫东(297)
热带山地轮歇地植物多样性及利用植物研究……… 付永能 陈爱国 刘志秋 崔景云(307)
生物多样性编目和监测的进展…………………………………………… 贺金生 马克平(316)
森林生物多样性监测规范和方法……………………… 贺金生 刘灿然 马克平(331)
三峡库区农业持续发展的重要途径……………………………… 胡德龙 贺金生(348)
生物多样性与生态系统的结构与功能初探………………………………………… 黄培祐(354)
转基因植物对近缘野生种群基因结构及群落组成和元素循环的影响 ………………………
…………………………………… 李鸣光 张军丽 刘秋云 昝启杰 王峥峰(360)
杭州石荠苎种群土壤种子库通量及动态 ………………………………………………………
…………………………………… 陆大根 葛 滢 常 杰 秦国强 邢晓林(366)
外来种入侵型特征分析……………………………………………………………………… 陆庆光(372)
森林片段的边缘效应及对物种的影响 ……………………………………………………
……………………………… 马友鑫 张一平 刘玉洪 张克映 刘文杰 李佑荣(376)
三江平原洪河自然保护区生物多样性研究Ⅰ. 毛赤杨灌丛结构组成及群落特征 …………
…………………………………………… 倪红伟 吴海一 周瑞昌 高玉慧(386)
三江平原洪河自然保护区生物多样性研究Ⅱ. 狭叶甜茅沼泽 ………………………………
…………………………………………… 倪红伟 周瑞昌 吴海一 高玉慧(391)
绿洲生态系统多样性………………………………………………………………………… 潘伯荣(395)
广东退化坡地上农业生物多样性…………………… 任 海 彭少麟 向言词 唐小焱(403)
土壤微生物多样性研究现状评述…………………………………………… 王仁卿 张明才(413)

热带雨林片断化对榕树和榕小蜂群落多样性的影响 ………………………………………… 杨大荣　李朝达　韩灯保　姚瑞英　王瑞武(419)
西双版纳热带森林雨季土壤动物群落组成特征及多样性研究 ………………………………………… 杨效东　余宇平　曹　敏(426)
蒙古栎及蒙古栎林的研究概况……………………… 于顺利　马克平　陈灵芝　张承军(434)

生物多样性信息管理……………………………………………………………… (443)

海洋浮游生物的时空分布实测物种数据采集处理系统………………… 蔡洪松　陈虹勋(445)
植物标本数据库与生物多样性研究 …………………… 李鸣光　缪汝槐　Xu Zhaoran(450)
植被分类与生物多样性主题信息标准的研究…………………………… 桑卫国　马克平(455)
GIS 技术在保护区管理中的应用 ………………………………………………… 解　焱(462)

附　　录……………………………………………………………………………… (469)

1. 第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会纪要 ……………………………… (471)
2. 作者索引 ………………………………………………………………………… (473)
3. 第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会通讯录 …………………………… (475)
4. 国内近年来生物多样性方面的出版物简介(续Ⅱ) ………………………………… (479)

CONTENT

SPEECHES AT THE GENERAL MEETING ······························ (1)

Opening Address ·· *Xu Zhihong*(3)
Closing Address ·· *Ma Keping*(5)

COMPREHENSIVE TOPICS ·· (7)

Progress in the Studies of Marine Biodiversity ···························· *Chen Qingchao*(12)
Globalized Environmental Pollution and the Loss of Biodiversity ······························
··· *Duan Changqun*, *Gao Shengyi*, *Wang Hongbin*, *Meng Lin* and *Wang Huanxiao*(20)
The Importance of the National Programme for Natural Forests Conservation on Biodiversity Conservation in Northeast State Owned Forest Areas of China ······························
······································· *Hao Zhanqing*, *Wang Qingli* and *Dai Limin*(26)
Current Situations on Biodiversity Conservation in Taiwan ··································
·· *Huang Sheng* and *Lin Yaosong*(27)
Nature Reserve-*in situ* Conservation and Batanical Graden-*Ex Situ* Conservation ···········
·· *Huang Zhongliang* and *Wang Junhao*(37)
The Plant Culture of Yi People and Local Biodiversity Conservation in Chuxiong, Yunnan
··· *Liu Aizhong*, *Pei Shengji* and *Chen Sanyang*(45)
An Approach to Conserve Plant Diversity through the Dai's Traditional Beliefs in Xishuangbanna, South Yunnan ························· *Liu Hongmao*, *Xu Zaifu* and *Duan Qiwu*(50)
Status of Marine Biodiversity Conservation and It's Prospect of International Cooperation in China ··· *Wang Bin*(56)
Ethnic Forest Culture and Effective Management of Biodiversity, a Case Study of Xishuangbanna ·· *Xu Zaifu*(63)
The Existing State of Legislation, Legislative Problems and Legislative Countermeasures about the Biological Diversity Protection in China ······················ *Zhang Jianwei*(69)
Biodiversity Conservation and Sustainable Development in China ········ *Zhou Wenneng*(74)

GENETIC DIVERSITY ·· (77)

Genetic Diversity of Rare and Endangered Animals ········ *Ding Bo* and *Zhang Yaping*(83)
The Species, Geographical Distribution of Wild Rice and Their Biological Characteristics in China ······ *Fan Shuguo*, *Zhang Zaijun*, *Liu Lin*, *Liu Hongxian* and *Liang Chengye*(95)
Diversity of Rice Genetic Resources ··
··········· *Fan Shuguo*, *Zhang Zaijun*, *Liu Lin*, *Liu Hongxian* and *Liang Chengye*(101)

Conservation of Wild Rice Genetic Reseources in China and Their Utilization in Breeding ………… *Fan Shuguo*, *Zhang Zaijun*, *Liu Lin*, *Liu Hongxian* and *Liang Chengye*(111)

The Isozyme Variations among Populations within One Improvement System of *Pinus tabulaeformis* Carr. ……………………………………………… *Li Yue* and *Zhang Chunxiao*(120)

Biological Diversity of Agricultural Crops and Sustainable Development of Agricultural Production in China ……………………………………………… *Liu Xu* and *Dong Yushen*(127)

Prospective on Protection and Sustainable Use of Chinese Crop Germplasm at Dawn of 21st Century ……………………………………………………… *Liu Xu* and *Dong Yushen*(136)

Genetic Diversity of ten Natural and Artificial Populations of *Pinus tabulaeformis* in Two Isozyme Systems ……… *Zhang Chunxiao*, *Li Yue*, *Shen Xihuan* and *Chen Xuemei* (143)

The Mud Carp(*Cirrhina molitorella*)Genetic Diversity Assessment Inferred from RAPDs ……… *Zhang Yue*, *Zhu Xinping*, *Zheng Guangming*, *Luo Jianren* and *Xia Shiling*(152)

SPECIES DIVERSITY ………………………………………………………… (153)

The Research and Conservation on Chinese Galliformes and Sustainable strategies ……… ……………………………………………………… *Han Lianxian* and *Zhou Wei*(162)

The Current Situation of Roige Plateau Wetlands Biodiversity and Their Conservation Countermeasure ……………………………… *He Chiquan*, *Zhao Kuiyi* and *Zhao Zhichun*(170)

Changes of the Earth and Paleoenvironment, Origin and Evolution of Land Plants ……… ……………………………………………………………………… *Jin Jianhua*(180)

Diversity of Hong Kong Amphibians and the Threats They Face …………………………… ……………………………………………………… *Lau Wai Neng* ,*Michael*(186)

Diversity and Conservation of Zingiberaceae in China ……………………… *Liu Nian*(191)

The Diversity of Wild Plant of *Allium* in Tian-shan Mountains in Xinjiang ……………… ………………………………… *Lu Junjun* ,*Bai Yuting*, *Ma Dun* and *Liu Zhiyong*(197)

Plant Species Diversity and Its Protection in Funiu Mountain Area of Henan Province …… ……………………………………………… *Wang Panji*, *Yang Yongfang* and *Hu Yu*(207)

Studies on the Endemic Genera of Chinese Seed Plants from Guangdong and Hainan Region ………………………………………………………………… *Wang Ruijiang*(220)

Conservation of Native Orchids in Hong Kong …… *Glorau Siu* and *Lawrence Chau*. (228)

Ecogeographical Distribution of the Species from *Rheum* L. (Polygonaceae) in China …… ……………………………………………………………………… *Xie Zongqiang*(238)

The Community Characteristics and Conservation Strategies of Guangdong's Endemic and Endangered Species *Manglietia pachyphylia* ……………………………………………… …………………… *Zeng Qingwen*, *Liu Yinzhi*, *Wei Qiang* and *Zhou Renzhang*(250)

Sustainable Utilization and Conservation of Fern Diversity in Lushan …………………… ……………………………………………… *Zhan Xuanhuai* and *Xu Xiangmei*(258)

Diversity Situation and Development Strategy of Zoo in China ……… *Zhang Linyuan*(264)

History of the Père David's Deer and Its Endangerment Status ································· Zhang Linyuan, Xiajing Shi and Jiang Zhigang (271)
Investigation of Insect Biodiversity in Shennongjia Natural Reserve in Hubei Province ······ Hongzhang, Yu Xiaodong, Luo Tianhong, He Junjian, Zhou Haisheng and Ye Chanjuan (281)
Ichthyofauna and Sustainable Utilization of Fish Resources in Yunnan Lancangjiang River (the Upper Mekong) ··································· Zhou Wei and Han Lianxian (288)

ECOSYSTEM DIVERSITY ··························· (289)

Study on *Pteroceltis tatarinowii* Community Characteristics in Baotianman, Henan Province ························ *Cheng Ruimei* (296)
The Effect of Invasive Alien Plants on Chinese Biodiversity and the Related Management Strategy ································· *Ding Jianqing*, *Wang Ren* and *Fu Weidong* (305)
Plant Diversity and Folk Use Plants of Swidden Agroecosystem of Tropical Mountain ······ ······························ *Fu Yongneng*, *Chen Aiguo*, *Liu Zhiqiu* and *Cui Jingying* (315)
Advances in Biodiversity Inventory and Monitoring ······ *He Jinsheng* and *Ma Keping* (330)
Standards and Methods for Forest Biodiversity Monitoring ································· *He Jinsheng*, *Liu Canran* and *Ma Keping* (347)
Construction for Sustainable Development of Agriculture in Three George Region: Agroforestry ··· *Hu Delong* and *He Jinsheng* (353)
Biological Diversity and Structure and Function of Ecosystem ········ *Huang Peiyou* (359)
The Impacts of Transgenic Plants on Related Wild Type Population, Community Composition and Mineral Cycle ························ ······ *Li Mingguang*, *Zhang Junli*, *Liu qiuyun*, *Zan Qijie* and *Wang Zhengfeng* (364)
Analysis on Flux and Dynamic of Soil Seed Bank of *Mosla hangchowensis* ···················· ···················· *Lu Dagen*, *Ge Ying*, *Chang Jie*, *Qin Guoqiang* and *Xing Xiaolin* (371)
Introduction of Invasion-Ecology of Exotic Species ······················ *Lu Qingguang* (375)
Egde Effects of Forest Fragments and Their Influnences on Species ··························· *Ma Youxin*, *Zhang Yiping*, *Liu Yuhong*, *Zhang Keying*, *Liu Wenjie* and *Li Yourong* (385)
Study on Biological Diversity of Honghe Natural Reserve in Three River Plain Ⅰ. Structural Composition and Community Characteristics of *Ainus sibirica* var. *hirsuta* Scrub Forest ···························· *Ni Hongwei*, *Wu Haiyi*, *Zhou Ruichang* and *Gao Yuhui* (390)
Study on biological Diversity of Honghe Natural Reserve in Three River Plain Ⅱ. *Glyceria triflora* Marsh ·············· *Ni Hongwei*, *Zhou Ruichang*, *Wu Haiyi* and *Gao Yuhui* (394)
Diversity of Oasis Ecosystem ··· *Pan Borong* (402)
The Agricultural Biodiversity of Degraded Hilly Lands in Guangdong, China ·············· ························· *Ren Hai*, *Peng Shaolin*, *Xiang Yanci* and *Tang Xiaoyan* (411)
Introduction of Current Research of Soil Microbiology Diversity ······························ ··· *Wang Renqing* and *Zhang Mingcai* (418)
The Effects of Fragmenting of Tropical Rainforest on the Community Diversities of Fig

Trees and Fig Wasps in China ……… *Yang Darong*, *Li Chaoda*, *Han Dengbao*, *Yao Ruiying* and *Wang Ruiwu*(425)
The Composition Character and Diversity of Soil Fauna in Tropical Forests of Xishuangbanna in Rainy Season ……… *Yang Xiaodong*, *She Yuping* and *Cao Min*(432)
Introduction to the Research of *Quercus mongolica* and *Quercus mongolica* Forest ……… *Yu Shunli*, *Ma Keping*, *Chen Lingzhi* and *Zhang Chengjun*(441)

BIODIVERSITY INFORMATION MANAGEMENT ……… (443)

A Data Disposal System for Tempo-spatial Distribution of Marine Plankton at Species Level ……… *Cai Qisong* and *Chen Hongxun*(449)
Plant Specimen Database and Biodiversity Research ……… *Li Mingguang*, *Miao Ruhuai* and *Xu Zhaoran*(454)
Research on Vegetation Classification and Thematic Information Standard of Biodiversity ……… *Sang Weiguo* and *Ma Keping*(461)
Utilizing of GIS Technique in Reserve Management ……… *Xie Yan*(468)

APPENDICES ……… (469)

A Summary for the Symposium ……… (471)
The Author Index ……… (473)
The Participants of The Symposium ……… (475)
A Brief Introduction to Publication on Biodiversity in China ……… (479)

大 会 讲 话

第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会开幕词

许智宏
（中国科学院，北京 100864）

各位专家，女士们，先生们：

第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会在各位专家积极参与和有关部门的大力支持下，在美丽的春城昆明隆重召开了！这次会议荟萃了我国生物多样性研究领域众多的知名专家和年轻学者，是我国生物多样性科学领域一次高水平的学术会议。请允许我代表中国科学院生物多样性委员会、国家环境保护总局自然生态保护司和国家林业局野生动植物保护司向大家的光临表示感谢。

1996 年 11 月第二届全国生物多样性研讨会以来，从国外到国内，从政府首脑到普通百姓，对于环境问题，特别是生物多样性保护与持续利用问题越来越重视。

今年 5 月，联合国环境规划署在斯洛伐克首都布拉迪斯拉发召开了由 140 多个国家参加的《生物多样性公约》第四次缔约国大会。会上作出了重视农业生物多样性、森林生物多样性、淡水生物多样性、海洋生物多样性保护和发挥土著民族在生物多样性保护中作用的决议，并要求各缔约国政府采取切实可行的措施予以落实。中国是最早签署《生物多样性公约》的国家之一，率先制订了《中国生物多样性保护行动计划》，并在近年取得了一定成绩，但是前景不容乐观，任务仍然艰巨。

生物多样性保护与持续利用工作在很大程度上受到信息和技术的制约。到目前为止，我们国家仍然处于家底不清的状况，对于大多数保护物种的濒危机制所知甚少，距科学有效地进行生物多样性管理还有相当差距。迫切需要加强生物多样性的理论研究，为保护和持续利用决策提供充分的科学依据。在座各位责任重大，义不容辞。

针对当前生物多样性保护工作的紧迫性，有关的国际组织和机构发起并组织了一系列合作研究项目。比较有影响的有 DIVERSITAS、生物系统学 2000 年议程和物种 2000 年等。其主要目的是发现、描述和管理生物多样性，为履行《生物多样性公约》服务。这些项目的具体内容，有关专家将在会上进行详细报告。

我国在此方面也积极开展了研究。在有关部门的大力支持下，“八五”期间，中国科学院主持了三个生物多样性方面的重大研究项目，在物种多样性、遗传多样性、生态系统多样性和生物多样性信息管理等方面取得了令人瞩目的成绩。“九五”期间，国家自然科学基金委员会和中国科学院又分别设立了重大项目，继续强化支持这一领域的研究工作。除此之外，有关部门还在积极争取更多的支持和协作。希望各位专家能够积极行动起来，进一步推动我国的生物多样性保护和持续利用研究，发挥出更加重要的国际作用，在目前已有成绩的基础上，

上一个新台阶。

各位专家，女士们，先生们，我希望大家能够充分利用这次难得的机会，报告最新的研究成果，交流先进的学术思想，通力合作，锐意突破，为中国生物多样性及其相关领域的研究贡献自己的力量。

最后，预祝代表们在昆明期间精神愉快、身体健康！预祝大会圆满成功，谢谢大家！

第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会闭幕词

马克平

（中国科学院生物多样性委员会，北京 100864）

尊敬的主席先生，各位专家，女士们，先生们：

经过3天的报告和广泛深入的交流，第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会即将闭幕，会议取得了圆满的成功。在此，我代表此次会议的组织者，中国科学院生物多样性委员会，国家环境保护总局自然生态保护司，国家林业局野生动植物保护司向大家表示衷心的感谢。

回顾总结此次会议，我认为它具有以下几个特点：

1. 代表性

参加此次会议的代表共133人，来自全国20个省、自治区和直辖市的45个单位。并且高兴地邀请到来自台湾的黄生教授和香港的周锦超博士等港台的生物多样性方面的专家，使我们的会议体现了完整的全国性。来自美国密苏里植物园的朱光华博士的应邀与会，又给我们的会议增添了国际特色。

2. 本领域国内最高水平的学术会议（权威性）

各位代表与会期间，对他们高水平的最新研究成果进行了报告和交流。特别是很多国内的知名专家光临此次会议，他们与我们共享他们最新的研究成果和学术创见。不仅使我们更加全面地了解了国际生物多样性科学研究的前沿和趋势，更给我们增强了在国际生物多样性研究领域占有重要的一席之地的信心。因此我坚信，通过此次高水平的学术研讨，一定会对我国生物多样性保护和持续利用事业产生更大的推动作用。

3. 交流形式的多样性

会上报告丰富多彩，会下交流积极踊跃。特别是多媒体技术的应用，使我们的报告上升到一个新水平。我相信通过这次会议建立的联系，为将来的交流与合作打下了良好的基础。

4. 专家们对科学普及和公众教育的重要性有了充分的认识

黄生教授的话讲得很深刻：教育诚然昂贵，但没有教育一切将更加昂贵。

会议即将结束，我国的生物多样性保护与持续利用事业还任重道远，希望各位专家继续艰苦努力，通力合作，争取多方面的支持与协作，希望在2000年的第四届研讨会上，有更多、更先进的成果展示出来。

目前我们正在与英国方面积极磋商，计划在2000年召开一次国际会议——中国的生物多样性起源、演化与保护，届时欢迎大家积极参加，给予支持。

同时，我代表大会主办单位和各位代表向本次会议的承办者——中国科学院昆明动物研

究所、西双版纳热带植物园和中国科学院生物多样性委员会办公室，特别是朱建国副处长和侯淑琴主任表示衷心的感谢和敬意。

最后预祝大家旅途愉快，身体健康。谢谢大家！

综　　论

海洋生物多样性研究进展

陈清潮
（中国科学院南海海洋研究所，广州 510301）

摘　要：本文介绍近年来海洋生物多样性研究进展，包括物种多样性，遗传多样性和生态系统多样性。并结合一些实例来说明海洋生物多样性研究的重要性。阐明了今后海洋生物多样性研究的发展方向。

关键词　海洋　生物多样性研究　进展

海洋占地球面积 71%，它拥有最大空间和最大资源，是人类生存与发展的希望。正如《联合国 21 世纪议程》指出：海洋是全球生命支持系统的一个基本组成部分，也是一种有助于实现可持续发展的宝贵财富。

“生物多样性”一词的命定和应用已有一百多年历史，但重视与支持不够，直到 1992 年《联合国生物多样性公约》的缔约和公布，才唤起各国政府和人民的注意，认识到保护生物多样性是全人类的共同义务，也是关系子孙后代生存的大事，我们这一代必须留给下一代可持续利用资源和良好的生态环境，这是一项长期而又十分紧迫的任务。

海洋生物多样性的研究滞后于陆地和淡水，这是由于海洋大尺度生物多样性困难重重，涉及到工具，取样方法等复杂问题。但在近来年，海洋生物的一些研究领域，已取得较大的进展（如沿海、海岛和深海等多样性研究）。(CBDMS，1995；Grassle，1991；Grassle and Maciolek，1992；Ray and Grassle，1991）。现就海洋生物多样性近年来研究进展作一简要介绍：

1　海洋物种多样性研究

目前发现，海洋物种有 20 万种，仅占地球陆地、淡水等的 10%左右。但是从分类系统动物界的“门”看，海洋占有 28 门，其中 13 门是独有，占全球之冠（陆地 11 门，1 门独有；淡水 14 门，没有独有门；共生 15 门，4 门独有）。海洋物种分布是不均匀的，受多方面因素制约，最高物种多样性分布在热带珊瑚礁，可与陆地雨林物种多样性相媲美（Poore，1993）。对海洋物种分布的研究表明：随纬度降低，物种多样性增高，但是从最近浮游生物物种研究看出，在北半球低物种的多样性出现在高纬度，而高物种多样性却出现在中纬度，从赤道到北纬 15°之间却处于中等水平，显然最高与最低之间出现不连续性。在南半球浮游生物多样性却比较平稳地逐渐过渡（Angel，1993）。贝类和鱼类在低纬度具有高物种多样性，海草高物种多样性却出现在中纬度海区，而海洋哺乳类和苔藓动物却在高纬度出现高物种多样性。在大洋海盆的东缘较西缘的丰富。在北大西洋温带沿岸的物种远较北太平洋的物种为低。过去认为深海环境影响物种多样性发展，从近 10 年来深海调查表明，发现深海（2 000m）存在低生

物量，但却有很高物种多样性。至于在海底热泉口的物种多样性是相当丰富，涉及未认识物种多，鉴定困难，进展缓慢。近年发现，很小浮游生物细胞，大小在0.2～2μm，称为Picoplankton，包括Pico-eucaryotes，Cyanobacteria 和 Prochlorophytes 这些微型生物对海洋初级生产贡献很大。

海洋生物种类的传播与入侵，已成为当今海洋中一个重大事件（钱迎倩，1998），这是由于船只的压舱水和沉积物排放所造成，目前估计有3000多个物种传播到世界沿海各地，有的已造成数亿元经济损失或者资源衰退，生态环境恶化，在此略举数例。①欧洲入侵到美国大湖污损的斑马贝（*Dreissena polymorpha*）造成数亿美元经济损失和生态环境恶化；②美国一种栉水母（*Mnemiopsis leidyi*）入侵黑海和亚速海，造成该海区浮游生物量下降，影响该区域鳀渔业衰退与崩溃；③印度—太平洋的一种贻贝（*Perna perna*）传播到美国德克萨斯沿岸，排斥当地种类，成为单一养殖品种，甚至扩展到墨西哥沿岸；④日本赤潮种类和食鲍海星（*Asteria amurensis*）入侵到澳大利亚沿海，对当地海洋环境和鲍等经济海产动物造成危害；⑤原产美洲的软体动物沙筛贝（*Mygrilopsis sallei*），20世纪80年代首次出现在香港水域，现已入侵福建厦门，排斥牡蛎等经济动物的附着地。

世界海蛇有50多种，分布在印度洋和太平洋，大部分是在印度—马来群岛（30多种中有60%系地方种）北澳大利亚（30多种中，有50%系地方种），这些有待世界贸易组织（CITES）在濒危物种的名录中加以增补。

中国近年来除完成动物志中海洋物种的编写外，如对Picoplankton已着手研究，对纤毛虫、甲藻、头足类、甲壳动物口足类、龙虾等物种多样性已编写出地区性的著作，对长江口、黄河口和珠江口物种多样性也已进行了系统的记录（陈清潮，1997，1998）。

2 海洋遗传多样性研究

分子遗传学已成为生态学和分类方法学一个基础（李家瑶，1990）。由于海洋地理区域差异大，同种与不同种群外部环境（流场、温度、盐度等）的变化，适应着不同的栖息地，在自然选择以及遗传漂移过程中常会出现遗传趋异，有的种群可能产生特别基因型（等位基因）。新性状的出现是对环境适应的重要反映，这些种群的突变是生物进化的动力。加强DNA水平分析，对海洋生物多样性的物种鉴定和基因记录有重要作用。种内基因变化型或可用于作为种群历史及其结构的指标。最近对驼背鲸（*Megaptera novaeangliae*）的基因研究表明，两个种群在地理上相距只有1 250km，发现存在明显的基因差异，这是很意外事件，该种在季节洄游距离都远远超过4 000km，而在近距离内就存在这么大差异，它的意义是可以将分开种群作为管理性质不同的实体，来保存它们的基因和种群结构。类似金枪鱼在大西洋和太平洋的种群，也具有保存多样性的重要意义。今后对于养殖业中的海洋生物种类保存它们的基因同样有较高价值。最近通过分子遗传技术途径对海洋微生物组合丰度多样性有一个较大发展，如在美国加州沿岸发现浮游生物的新门。

3 海洋生态系多样性研究

海洋生态系不同于陆上生态系，它们的共同特点是：

（1）海洋初级生产者是由小型，甚至是微观的门类所代表。生产量输送过程是通过液体途径，初级生产量是巨大的；

（2）生态系中食物网较复杂、营养层次较陆地长；

（3）无论水层中生活或底栖种类，生活史阶段中靠漂浮远离原有栖息地，对物种生存发展具有重要意义；

（4）海洋生态系受人类干扰是长期变化过程。

人类对海洋生态系的干扰与破坏最主要是影响沿海区域、河口和港湾，以及珊瑚礁和红树林。这里举出几个实例说明：

（1）美国切萨皮克湾（Chesapeake Bay），由于沿岸人口增加，工业发展，排污严重影响该湾生态系，有两种使牡蛎致病原生动物“MSX”（*Haplosporidium nelsoni*）和“Dermo”（*Perkinsus marinus*）它们的大量繁殖造成牡蛎业衰退。同时也影响邻近特拉华湾（Delaware Bay）的牡蛎业；

（2）波罗的海褐藻中的墨角藻在生态系多样性中起了遮荫，良好产卵场，并提供许多经济鱼类食料的作用，由于周围环境变化，在水深 2m 有 95%墨角藻大量死亡，造成浮游植物大量增加，降低光线透入，在不同区域内由沿带海带（*Laminaria saccharina*）和贻贝（*Mytilus edulis*），及其他丝状藻所代替，致使生态系发生重大的变化；

（3）美国佛罗里达湾及其邻近关键区域，是美国大陆仅有热带海洋生态系，对加洲经济起着重要作用，但近年来由于人类干扰，自然环境恶化，水华加重，造成鱼类和虾类产量严重衰退，珊瑚礁死亡和消失。

全球变化促使海洋环境大尺度的改变，对海洋生态系多样性产生严重影响，最突出的例子是厄尔尼诺和拉尼娜现象。厄尔尼诺是西太平洋表层高温水流向太平洋，迫使东太平洋冷水潜居下层，而拉尼娜或称反厄尔尼诺现象，是东太平洋水温反常下降，这是由海面以下寒冷海水由西太平洋的东南亚向南美洲流去，并迅速上升至海面，使赤道附近表面海水转冷。这两种现象使南美洲沿海生态系发生重大变化，造成鳀渔业严重衰退，海鸟和兽类由于食物匮缺而死亡，迫使鱼类改变迁移路线和变换。

环境变化差异性，使生态系多样性发生变化，如将南、北极生态系对比，可以发现北极生境，孕育较年轻生物区系，而在南极虽然有较高物种多样性（如贝类种数高于北极 4 倍），但是从自然和生境的北极多样性和结构看出，东部有一个营养输入，可以提供极好机遇改变生态系多样性。

近年来海洋生态系多样性的研究重点，放在沿海生态系（包括大陆架以内的沿岸、河口、港湾等水域）进行了较多的研究，并结合该区域环境保护、渔业生产、濒危物种的保护等方面。在珊瑚礁生态系多样性，着重发现由于生存竞争，防卫和攻击，所产生次级代谢产物作为海洋药物来源具有重要价值。

4 今后海洋生物多样性研究发展方向

海洋是人类进入 21 世纪生存与发展的重要场地，世界各国和人民有责任肩负保护海洋良好生态环境，同时坚持可持续发展有效利用海洋资源、满足人类生活的需要，其主要热点是发展养殖业，提供更多海产蛋白质和海洋药物。

现代科学与技术的进步，为海洋生物多样性今后研究提供了有利条件，诸如陆地上进行生物多样性的观测方法和手段，都可以借鉴用于海洋方面的研究，其中最重要的是遥感技术、声、光观测手段。还有最近海洋生物多样性一些发现就是利用分子遗传生物学取得的，在国际大环境促进下，对我国海洋生物多样性的研究，会得到进一步的发展。

参考文献

李家瑶．1990. 保持生物多样性．生物科学信息，2（1）：6～8

陈清潮．1997. 中国海洋生物多样性的现状和展望．生物多样性，5（2）：142～146

陈清潮．1998. 对中国海洋生物多样性研究的一些建议．世界科技研究与发展，20（4）：90～91

钱迎倩．1997. 生物多样性．科技新闻，5：5～9

Angel，M. V. 1993. Biodiversity of the pelagic ocean. Conservation Biology，7：760～772

CBDMS (ed.). 1995. Understanding Marine Biodiversity—A research Agenda for the Nation. National Academy Press，1～110

Grassle，J. F. 1991. Deep—sea benthic biodiversity. BioScience，41（7）：464～469

Grassle，J. F. and N. J. Maciolek. 1992. Deep—sea species richness：regional and local diversity estimates from quantitative bottom samples. American Naturalist，139：313～341

Poore，G. 1993. Marine species richness. Nature，361：597～598

Ray，G. C. and J. F. Grassle. 1991. Marine biological diversity. BioScicence，41（7）：453～457

PROGRESS IN THE STUDIES OF MARINE BIODIVERSITY

Chen Qingchao

(South China Sea Institute of Oceanology，the Chinese Academy of Sciences，Guangzhou 510301)

This paper introduced some progress in the studies of marine biodiversity in recent years，including species diversity，genetic diversity and ecosystem diversity. Some examples to explain the importance of marine biodiversity were given，some future opinions in this research field have been put forward.

Key words：Progress，Marine，Biodiversity studies

环境污染的全球化与生物多样性的丧失*

段昌群　高圣义　王宏镔　孟　琳　王焕校
（云南大学生物学系，昆明 650091）

摘要　工业革命以来程度不同地迅速扩散到全球各个角落的环境污染，形成了所有生物在其进化历史上从未经历过的全新环境。面对这种新型环境，生物的生存和发展面临巨大的挑战：生物在全球环境污染条件下在适应上可能存在很大的局限性，故可能导致全球生物多样性的丧失和物种大规模的绝灭，这将直接影响人类的可持续发展和生物圈的稳态和安全。这些未知现象及其潜伏着的重大的问题，需要引起保护生物学界的高度重视。笔者从生物适应环境的角度，分析了全球性的环境污染及其对生物适应的巨大挑战性、并进而影响生物多样性，指出对污染引起生物多样性丧失效应的机理研究，是目前保护生物学或生态毒理学领域亟待加强的一个重要内容。

关键词　环境污染　适应与进化　生物多样性丧失　生物圈安全性

1　问题的提出

联合国环境规划署（UNEP）1995 年在一个长达 1 100 页的研究报告中指出，环境污染在全球范围内的扩展，不仅形成很多生物生存的胁迫环境，而且也形成了所有生物进化发展的全新环境（Barbault，1995）。在这种情况下，现有的生物能否适应污染？如何适应？不能适应的生物将会消失，能够适应的生物将产生怎样的进化结果（段昌群等，1995）。这些问题直接关系到生物多样性的维持与发展。目前，有这样两个基本的看法：

其一，由于生物对猝然发生的全球污染在适应上可能存在很大的局限性，故推测当今全球生物多样性的丧失和物种大规模的绝灭与此有关；

其二，污染条件下生物改变了原有的进化和适应模式，向着污染这个主导环境因子进化发展，故生物多样性的发展可能偏离了“自然、常规”的轨道，现已建立起来的生态圈稳态机制将会受挫（Louise F. Pitelka，1988）。

从全球范围来看，虽然已经开始对部分污染物采取集体性的削减行动，发达国家在污染治理方面已经获得了长足的进步，但全球还有 70% 以上的人口尚被解决基本生存问题所困，这些人口脱困中新增污染将远大于被削减的污染（Bergmann and Scholz，1988）。伴随着全球大气环流和生物地球化学循环，很多化学性污染物不断向全球扩散。如果 20 世纪人类把一个

---

* 本工作部分受到国家自然科学基金、云南省中青年学术和技术带头人培养基金、云南省应用基础研究基金、联合国环境规划署（UNEP）生物监测项目（IPPB）的支持和资助。

初步繁荣、基本摆脱了自然对人类生存制约的羁绊作为技术成果带入了21世纪，那么也把始料未及的技术副产品——对人类可持续发展与生物圈的安全产生威胁的污染带进了新世纪。而且，更为严重的是，至今人们只对污染引起的短期、急性效应有一点了解，而对污染引起的长期效应，特别是对生物的适应污染以及未来的进化前途和发展命运的影响，目前几乎没有涉猎（Anderson *et al.*，1994；McNeely and Gadgil ，1995 ）。对这一问题的深入认识，是20世纪留给人类的一个重要科学难题。

2 全球污染的发展及其对生物影响的特点

2.1 环境污染引起环境变迁的强度大、速度快

这里首先看一下地球地质历史时期环境的发展，然后再看工业革命以来有关污染发生的程度和速度。

(1) 光合自养细菌早在38亿年以前就出现了，但整个太古宇宙和早元古宇宙的大气都是缺氧的，直到元古宇宙中期大约20亿年前大气圈的氧分压（pO_2）才达到1%PAL（即相当于现代大气圈氧分压的1%）（张昀，1994）。这种环境的变迁，经历了30多亿年的时间 。

(2) 建立氧气和二氧化碳的相对平衡、海水物理和化学性质的相对稳定、地温下降为高等生物的活动及其发展提供相对稳定的条件。虽然在藻菌世代以上这些过程就开始，但到了苔藓—蕨类世代以后，以上稳态机制才完全建立。其间经历的时间单元也是以几十亿年计。到陆生生物进化时期，生物改变环境的能力加快，但即使如此，环境每一点改变也要经历数百万年（段昌群等，1995）。例如，如果周围没有较好的植被，要形成1cm厚的土壤要经过百万年的时间。

自18世纪以来300年左右的时间里，大气中的二氧化碳增加了大约25%。与此同时，CH_4也增加了1倍。预计到下一个世纪中叶，地球大气的二氧化碳浓度将比现在增加1倍，达到600～700μg/g。已有资料表明，人类的活动，程度不同地改变了全球大气成分的配比关系和组分结构。正常大气中没有的成分如硫氧化物、有机物、光化学雾成分等在全球各个角落程度不同均有检出。从赤道的雨林区到地球两极的极地，所有生物体内都发现有机氯等人工化学品。很多没有被检出的痕量化学物质，对生物的影响也并不比大量的化合物小（Gaugitsch and Torgerson ，1995）。

2.2 污染环境是以人类这个单一物种为核心的环境改变

地质历史时期的生物对环境的改变是多种生物的复合作用，这种改变是生命系统与环境关系的进一步优化；而目前广泛发生的环境污染都是人类活动产生的。

2.3 非程序化过程

自然进化过程中环境的改变具有一定的方向性。它体现在，生命体系在对环境适应的过程中，既获得了自己的发展，也改变了环境；创造的环境又促使生命系统在新层次上进行应答。当今的污染，完全没有任何有序性，直接改变了大气、水体、土壤这些生命存在的介质。

2.4 环境因子的变化非“自然”条件下的正常环境因子配置组合

除极个别的地球环境（如火山口、含硫温泉对硫氧化物的释放、地球化学作用下的元素富集区如矿区等）以外，大多生物在其系统发育的进化史上，主要是对诸如温度、光照、湿度、水分、营养条件、生物关系等物理、化学因素以及生物因素的适应，而且这些环境因子

的变化对任何生物而言，只是数量配比的不同，而不存在某个生态因子有无问题（McIntosh，1990）；而环境污染，是人类单向地向生态系统输入自然界没有或者无力进行分解和同化的化学物质，这些物质在生态系统中各生态界面中不断转移、在食物链中富集、积累，一则改变了生物之间的生态关系，另则改变了生物生存和发展的基本环境。对绝大多数的生物而言，其进化发展历史上从来没有接触过这类新型环境（王印政，1994）。

3 生物对污染条件的生态响应与生物多样性的丧失

由于污染发生速度快、强度大、范围广，是生物系统发育过程中从未有过的全新环境变迁。这样，在特定的时间和空间尺度上，不能适应的将逐步消失，生物的多样性水平因此而降低（段昌群等，1997）。

3.1 遗传水平上的响应与遗传多样性的丧失

遗传变异性的丧失是当今保护生物学普遍关注的核心内容。其原因是，现有的遗传变异存量既是生物遗传变异的历史积累，反映了生物的进化过程和历史积淀，也是现有生物适应现有环境和未来未知环境的遗传基础。遗传变异性的丧失，不仅仅只是我们可能丧失了对生物进化历史进程深入探讨的机会，而且更重要的是，生物对未来环境适应性将降低并因此导致灭绝，从而人类进一步发展依托的生物资源日益减少。

污染条件下遗传多样性水平降低的原因可能有以下三个方面的原因：

第一、在污染条件下，种群的敏感性个体消失，这些个体具有特质性的遗传变异因此而消亡，从而整个种群的遗传多样性水平降低（Batia Lavie and Eviatar Nevo，1987）；

第二、污染引起种群的规模减小，由于随机的遗传漂变的增加，可能降低种群的遗传多样水平（Merrell，1986）；

第三、污染引起种群数量减小，以致于达到了种群的遗传学瓶颈，即使种群最后恢复到原来的种群大小时，遗传变异性的来源也大大降低（Bradshaw and McNeilly，1990）。

虽然污染条件下生物也可能产生抗性，以适应污染的环境，但这种适应是有代价付出的，这种代价就是种群的遗传变异性的丧失。如前文所述，污染环境在全球范围内普遍存在，污染发生规模之大、速度之快，是一般的环境胁迫因子所难以比拟的。从而污染条件下的遗传变异性的丧失是不可低估的。

另外，由于生物对污染的适应，往往降低了对其他不利环境的适应性，最后生物的整体适应性也因此而降低，伴随这种变化，生物的遗传多样性也会降低。例如，Steittholt 等（1992）研究发现，在美国伊利湖有一种生物黄 *perch perca flavescens* 接触化学污染物后对其他不利环境因素如低温、高盐等胁迫条件下适应性显著降低，进一步研究发现，这种降低源于该种群的遗传变异性水平降低。Fowler 等（1990）发现，加拿大的红云杉（*Picea rubens*）对大气污染的适应性提高，但丧失了部分的遗传变异性，同时对霜害的抵抗力大大降低。段昌群（1996）利用等位酶技术，对定植生长在重金属矿区时间不同的蔓陀罗（*Datura stramonium*）种群的 26 个等位酶位点进行了分析，获得了不同污染经历的曼陀罗种群的等位酶位点上的多样性水平（表 1）。发现在污染条件下，种群在一定的时间尺度内（污染后的 10 年内），等位酶位点多样性明显降低。

一般来说，由于植物营固着生长，从而污染条件下遗传多样性的丧失机会往往大于动物，

其变化的程度比动物可能更容易察觉。

3.2 物种水平上的响应与物种多样性的丧失

在污染条件下，物种水平上多样性的丧失有很多的直观性的定性描述，但缺乏定量、定点的系统研究资料（McNeely and Gadgil，1995）。目前，从物种类群来看，这类的研究工作主要局限在物种数量较小的哺乳动物和鸟类的研究中；从地理环境来看，主要的工作在具有明显地理界限的湖泊中有较多的报道。例如，中国昆明滇池从20世纪50年代到90年代，由于水体污染导致富营养化，高等水生植物种类丧失了76%，鱼的种类丧失了65%（Chang-Qun Duan *et al.*，1999a，1999b）。在污染条件下物种的存亡呈现这样一些基本特点：广域分布的物种生存的机会大于分布范围窄小的物种；草本植物保存的机会大于木本植物；对多种胁迫环境都具有较高抗逆性水平的物种生存的机会远大于一般普通的物种（MacNair，1991）；生活史中对生境要求比较严格的物种一般难以抵抗污染环境，如两栖类和部分爬行动物；珍稀濒危物种往往在污染条件下面临灭顶之灾。

表1 不同污染经历后的曼陀罗种群等位酶位点多样性变化

种群经历重金属污染时间长度	每位点平均等位基因基因数	多态位点百分率（%）	平均杂合度（直接计算结果）
0年（对照）	2.1	73.9	0.187
2～3年	2.0	69.6	0.216
9～10年	1.98	64.2	0.163

资料来源：段昌群（1996）

从理论推测来看，由于污染是绝大多数生物在进化的历史过程中，从来没有经受过的生态变迁，而且这种变化是在很短的300～400年内发生的，有的即使是很微量，甚至是痕量的化学物质对生物的毒害也并不小于数量水平较高的污染物（Benton *et al.*，1994），而且这些物质程度不同地在全球范围内广泛扩散，形成一种全新的化学环境，不能适应的生物的消亡是很自然的事。但是，当今生物圈正在发生的物种大绝灭（王印政，1994），与上述不断发生的化学污染环境，有什么联系，或者说全球性的污染对生物的灭绝的影响程度如何，目前了解甚少，可比性的资料更是缺乏。一般而言，首先应该充分了解到一个地区或区域在没有污染条件下所有生物的种类名录和分布特点，或具备如此类似的一些历史资料，当污染发生后，再重新分析该区域中的生物种类，通过比较分析，就可以获得污染对物种水平上多样性丧失的影响程度。总之，这方面的工作亟待加强。

3.3 生态系统水平的响应

生态系统水平对污染的响应有两个方面：生态系统多样性的丧失和生态系统复杂性的降低。

（1）生态系统多样性的丧失　环境污染往往导致生境的单一化，从而使生态系统的多样性的丧失也成必然。例如，英国利物蒲工业区，在19世纪工业革命发展最为深刻的时期（杨居荣等，1994），当地的森林生态系统、草地生态系统几乎全部被单一的“人工荒漠化”的裸地所代替。中国昆明滇池地区，伴随着富营养化的发展，湖滨地带的生物圈层几乎全部丧失殆尽。不仅如此，污染往往引起建群种的消亡或更替，从而使原有的生态系统发生严重的逆向演替。比较突出的情形是森林生态系统，例如加拿大北部针叶林在二氧化硫污染作用下，最后大面积地退化为草甸草原；北欧大面积针阔混交林在二氧化硫污染下，退化为灌木草丛

(Bergmann ，1990)。

(2) 生态系统复杂性降低　已有的研究表明，所有的污染物都大大降低生态系统的初级生产，污染物本身直接降低生物的活力，干扰生物的同化生产、能量转换、以及物质的分解和信息的传递（王焕校，1990)。事实上，在污染的作用下，很多的生态系统在其类型发生改变以前，系统内的物种数量就发生了显著的降低，部分物种的正常生理功能也会改变，从而对整个系统的结构就会产生影响。特别是如果生态系统的“关键种”消失，或者它的生理活动受到严重影响，那么该生态系统的改变将很快地发生。所有这些效应，反映在生态系统水平上，就是生态系统的复杂程度降低。其主要表现为，食物网简单化，食物链缩短或不完整，生态系统物质生产力降低，物质循环速度下降或中断；能量流动不畅或效率下降；生态系统的平衡能力降低，抵抗外界环境波动的能力减小。

污染对生态系统的影响具有一定的阶段性，它影响的程度受污染物的类型、污染发生的频度、污染的程度和强度等综合条件而异。表 2 给出了森林生态系统对污染的不同响应阶段及其可能出现的一些变化。

表 2　森林生态系统对污染的响应阶段

污染作用的时期与作用水平	效应程度	可能的后果
0　(刚开始)	不明显	没有
1　低水平	相对没有影响	生态系统可以作为污染物的储藏库，并能同化处理
2A　明显毒害水平	如果污染持续作用，系统内植物的光合作用水平降低，敏感物种对昆虫、真菌侵袭的抵抗能力降低	生态系统物质循环明显受到影响；对外来不利环境因素的抵御能力降低
2B　污染作用增加并持续发生	抗性种类代替了敏感种类；由于对传粉生物的影响，很多异花授粉植物难以完成授粉作用	生态系统保持原系统的最低限度的结构，但功能已经不健全。污染如果消失，可以在一个世纪的时间内恢复其原有功能
3A　污染高强度持续作用	所有大型植物基本全部死亡，有毒物质在生物体内都有大量的积累	生态系统的结构已经改变，生物地球化学循环难以进行。如果污染停止影响，生态系统的恢复需要很长的时间
3B　特别严重的高强度污染，长期持续作用	除了细菌、藻类等高抗污染的种类，极少有其他生物可以生存	生态系统完全解体。它的恢复需要的时间尺度是以地质年代来计量

环境污染对生物多样性的影响程度取决于环境污染的特征和生物本身的综合属性以及二者之间的相关作用（段昌群等，1997)。对于污染物而言，污染物的物理、化学特征、迁移积累性能、污染物的类别、共同作用的强度、污染发生的时间和阵发性等等，都直接影响生物的适应性调整的程度，进而影响生物的生存状况，最终反映出生物多样性的变化程度。对于生物而言，污染物对生物的作用时间、生物的代谢性能、毒害的生理生化进程、在遗传上的损害状况、靶组织和靶器官接收污染物的特性等诸多方面，都因生物的种类、同一种类的不同生活史阶段以及不同生活型和生态性，而有很大的差异（王焕校，1990)。这些方面，目前只有为数不多的化学污染物的急性毒理资料，对于绝大多数污染物及其对生物的作用方式，几乎都没有了解；对于污染物的长期生态效应与对生物多样性的影响，也几乎是一个空白。表 3 给出了污染不同作用程度下生物在三个层次上的效应以及多样性变化的一般情况。

表3 污染条件下生物在不同层次上的多样性变化

变化水平	级别	效应程度
遗传学	大	不同生态区域的自然种群间发生严重的遗传漂变。遗传多样性在污染和非污染地区出现很大的差异，并可能影响以后的进化进程
	中	遗传漂变只在很小的范围内存在。因少量敏感物种或个体的消失，减小了局部区域的遗传多样性水平，但对整体多样性水平没有大的影响
	小	对照实验点之间，具有一定的遗传变异性水平的差异，但不对整体种群遗传结构构成影响
种群或物种水平	大	在一个生态区域内，有相当数量的不同物种，种群的丰度显著降低，在某些地段种群甚至消失。这是一个长期效应，污染消失后，需要很长的时间才能恢复
	中	在一个生态区域中，只有少数几个物种的种群，在较小的地段内，种群数量下降。这种效应也具有长期性
	小	在实验环境条件下，与对照实验相比，种群在很小的地段范围中，具有消失的可能性
生态系统水平	大	生态系统受到很严重的影响，生态系统的这种改变到达了不经过很长时间不可能恢复到原来状态的地步。这种效应是有很大范围的
	中	在较小的空间尺度上，生态系统受到很大的破坏。这种破坏使生态系统很难在较短的时间内恢复
	小	在实验条件下，一个生态区域中的某个生态系统具有被破坏或消失的危险，但整个区域中的生态景观依旧

4 结语

污染的全球化发展，直接影响着生物的命运，对全球的生物多样性丧失和当今物种的大灭绝有着目前难以正确估量的影响。至少这种影响不少于直接的生态破坏对生物多样性的消极影响。目前，这方面的资料很少，而且对污染引起生物多样性丧失这一问题的关注的程度远远不及生态破坏。这些问题的深入研究，至少涉及到环境科学、地球科学、生命科学这三个一级学科，需要综合环境化学、环境地学、大气科学、生态科学、毒理学、进化科学、适应生物学、遗传学等众多学科知识内容，依托多方面的技术的支撑，进行长期深入的工作积累，才能获得一个认识问题的整体轮廓。对该领域的研究，可以促进多学科的整合，带动学科的整体进步。目前该学科基本上还是空白，所有国家的学者都处在同一起跑线上，我国学者的尽快步入，有望在该领域获得一席之地。

参考文献

段昌群，王焕校等 . 1997. 蚕豆在重金属污染条件下数量性状的分化研究 . 生态学报，17（2）：133～144
段昌群 . 1996. 在重金属污染条件下玉米和曼陀罗的生态分化与微进化 . 云南大学博士学位论文
段昌群 . 1995 . 植物对环境污染的适应与植物的微进化 . 生态学杂志，14（5）：43～50

段昌群，昝瑞光.1995. 环境污染对生物进化的影响及环境生物学研究的新领域. 见：候秉政（主编）. 中国青年学者论环境. 北京：中国环境科学出版社，767～770

杨居荣，黄昱.1994. 植物对重金属的耐性机理. 生态学杂志，13（6）：20～26

王焕校.1990. 污染生态学. 昆明：云南大学出版社，124～162

王印政.1994. 绝灭及其与植物的进化关系. 见：陈家宽，杨继（主编）. 植物进化生物学. 武汉：武汉大学出版社，328～364

张昀.1994. 早期植物进化史上的主要事件与地质记录。见：陈家宽，杨继（主编）. 植物进化生物学. 武汉：武汉大学出版社，309～327

McIntosh，R. P. 1990. 刘文亮译.1993. 生态学的概念与理论发展. 北京：中国科学技术出版社

Merrell，D. J. 1986. 黄瑞复译.1991. 生态遗传学. 北京：科学出版社，356

Al－Hiyaly SAK，McNeilly T，Bradshaw AD，Mortimer AM. 1993. The effects of zinc concentration from electricity pylons. Genetic constraints on selection for zinc tolerance. Heredity，70：22～32

Anderson，S. L.，Sadinski，J. Stegeman and W. Suk. 1994. Genetic and molecular ecotoxicology：A research framework.（Presented at Napa Conference on Genetic and Molecular Ecotoxicology，Yountville，CA，USA）Environ. Health Perspect. ——Genetic and Molecular Ecotoxicology，102（12）Suppl.：3～8

Anderson，S. L.，G. C. Wild. 1994. Linking genotoxic response and reproductive success in ecotoxicology.（Presented at Napa Conference on Genetic and Molecular Ecotoxicology，Yountville，CA，USA）. Environ. Health Perspect. ——Genetic and Molecular Ecotoxicology，102（12）Suppl.：9～12

Barbault，R.，and S. D. Sastrapradja. 1995. Generation，maintenance and loss of biodiversity. In：Heywood，V. H.（ed.）. Global Biodiversity Assessment. UNEP：Cambridge University Press，193～274

Batia Lavie and Eviatar Nevo. 1987. Differential fitness of allelic isozymes in the marine gastropods *Littorina punctat* and *Lttorina neritoides* exposed to the environmental stress of the combined effects of cadmium and mercury pollution. Environment Management，11（3）：345～349

Benton，M. J.，S. A. Diamond and S. I. Guttman. 1994. A genetic and morphometric comparison of *Helisoma trivolvis* and *Gambusia holbrooki* from clean and contaminated habitats. Ecotoxicology and Environmental Safety，29（1）：20～37

Bergmann，F. and F. Scholz. 1988. Selection effects of air pollution in Norway spruce（*Picea abies*）populations. In：Scholze，F. and H. R. Gregorius *et al.*（eds.）. Genetic Effects of Air Pollution in Forest Tree Populations. Berlin：Springer－Verlag，141～160

Bergmann，F.，H. R. Gregorius. 1990. Levels of genetic variation in European silver fir（*Abies alba*）. Are they related to the species' decline? Genetica，82：1～10

Bradshaw，A. D. and T. McNeilly. 1990. Evolution in relation to environmental stress. In：George，E. Taylor Jr，Louis F Pitelka and Michael T Clegg（eds.）. Ecological Genetics and Air Pollution. New York，Berlin，Heidelberg and London：Springer－Verlag，11～32

Changqun Duan，Hu Bin and Wen Chuanhao. 1999a. Genotoxicity of the water samples of Dianchi Lake detected by *Vicia* micronucleus test. Mutation Research，426：121～125

Changqun Duan，Hu Bin and Wang Zhenhong. 1999b. *Tradescantia* bioassays for the genotoxicity of water in Panlong River of Kunming. Mutation Research，426：127～131

Chuiko，G. M. and Y. V. Slynko. 1995. Relation of allozyme genotype to survivorship of juvenile bream，*Abramis brama* L.，acutely exposed to DDVP，an organophosphorus pesticide. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology，55（5）：738～745

Gaugitsch，H. and H. Torgerson. 1995. Streamlining regulations，keeping high safe standards：Revised criteria for the assessment of releases of genetically modified organisms（GMOs）into the environment. AM-

BIO, 28 (1): 47～50

Geburek, T. , F. Scholz *et al*. 1987. Genetic studies by isozyme gene loci on tolerance and sensitivity in an air polluted *Pinus sylvestris* field trial. Silvae Genetica, 36: 49～53

Lee Sin－che, Hui－Ling Cheng and Jung－Ti Chang. 1996. Allozyme variation in the large－scale mullet *Liza macrolepis* (Perciformes: Mugillidae) from coastal waters of western Taiwan. Zoological Studies, 35 (2): 85～92

Louise F Pitelka. 1988. Evolutionary responses of plants to anthropogenic pollutants. Trends in Ecology & Evolution , 3 (9): 233～236

MaCnair MR. 1991. Why the evolution of resistance to anthropogenic toxins normally involves major gene changes: the limits to natural selection. Genetica , 84: 213～219

McNeely, J. A. and M. Gadgil. 1995. Human influence on biodiversity. In: Heywood, V. H. (ed.). Global Biodiversity Assessment. UNEP: Cambridge University Press, 823～914

GLOBALIZED ENVIRONMENTAL POLLUTION AND THE LOSS OF BIODIVERSITY

Duan Changqun, Gao Shengyi, Wang Hongbin, Meng Lin, Wang Huanxiao
(Department of Biological Sciences, Yunnan University,
Kunming 650091)

Pollutants have been spreading all over our planet, which forms a novel environment that all organisms on the earth have to face up. This has cast great challenges to both survival and evolution in all life forms. Some existing organisms are not adaptable enough to maintain themselves in the polluted environment so that they eventually become extinct. In this way, the sustainable development of human beings and biosphere safety are threatened. All these uncertainties address a very important issues to environmental and life sciences of the coming century. The characterization of globalized environmental pollution and its effects on the adaptation of organisms that further give impacts on the global biodiversity was analyzed from the viewpoint of ecological relationship between organisms and environment in this paper. The authors of this paper pointed out that to understand the mechanisms about impacts of pollution on biodiversity, conservation biology and ecotoxicology should be emphasized.

Key words: Environmental pollution, Adaptation and evolution, Biodiversity loss, Biosphere safety

天然林保护工程在东北林区生物多样性保护中的意义

郝占庆　王庆礼　代力民

（中国科学院沈阳应用生态研究所，沈阳 110015）

摘要　天然林保护工程是我国跨世纪的伟大生态工程，对于我国生物多样性的保护具有非常积极的意义。分布于我国东北、西南、西北的国有林区，是我国原始天然林的集中分布区，也是我国生物多样性最丰富的地区，是天然林保护工程的重点地区。东北林区包括我国2个完整的植被区，即寒温带针叶林区和温带针叶落叶阔叶混交林区。东北林区作为我国最大的国有林区、同时也是我国北方生物多样性保育的关键地区，无疑在天然林保护工程中具有举足轻重的地位，东北林区天然林资源的科学管理与有效保护，将对我国北方生物多样性的保育具有深远的意义。

关键词　天然林保护　东北林区　生物多样性保护

引言

1997年以来，国家林业局就我国的林业建设指导思想作出了里程碑式的调整，林业发展从过去的“以经济产业建设为重点”转向“以生态环境建设为重点”，生态环境建设将成为今后林业建设的首要任务。在具体实施上，提出了“国有林区天然林资源保护工程”。生物多样性保护，首先要加强对生物多样性所赖以生存的生境的保护，即生物多样性栖息地的保护。森林作为陆地生物多样性的主要栖息地，无疑在生物多样性的维持与保护中具有不可替代的地位和作用。分布于我国东北、西南、西北的国有林区，是我国原始天然林的集中分布区，也是我国生物多样性最丰富的地区，国有林区天然林保护工程的实施无疑对我国生物多样性的保护具有重要意义。作为我国最大的国有林区、同时也是我国北方生物多样性保育的关键地区，东北林区无疑在天然林保护工程中具有举足轻重的地位，东北林区天然林保护工程的实施也将对我国北方生物多样性的保育具有深远的意义。

1　东北林区概况

东北林区地处黑龙江、吉林、内蒙古3省区的大部或部分地区，包括大兴安岭、小兴安岭、完达山、张广才岭、长白山等山系，总面积约60余万 km^2，占国土面积的6.3%。作为我国的重要林区，森林资源居全国3大林区之首，建国以来一直是我国主要的木材生产基地，

商品木材产量始终占全国的1/3以上。直到1996年，东北国有林区木材生产仍达1 899.8万m^3，占我国国有林区总生产量3 626万m^3的52.4%，占全国木材总生产量6 710万m^3的28.3%。第四次全国森林资源清查（1989～1993）数据表明，全区有林地面积3 657万hm^2，占全国森林总面积的27.8%，活立木蓄积量30亿m^3，占全国的30.3%，森林覆盖率为54.8%。目前全国138个国有林业局中，东北林区就有84个，占全国的60%，我国最大的四个国有森工企业集团：内蒙古森工、大兴安岭林业公司、吉林森工、黑龙江森工均在东北林区（陶炎，1994；中华人民共和国林业部，1996）。同时茫茫的东北林海是生物多样性的理想栖息地，是一个巨大的基因库，在为人类提供大量林、副产品的同时，在保障东北平原良好的农业生产环境、涵蓄水源、固沙保土以保证东北几大江河的畅通等方面，具有更为重要的地位和作用。东北中部平原商品粮基地农业生态系统能否持续稳定，很大程度上依赖于周边地区森林生态系统生态效益的发挥。

2 东北林区生物多样性特点

东北林区包括我国2个完整的植被区，即寒温带针叶林区和温带针叶落叶阔叶混交林区（吴征镒，1995）。

寒温带针叶林区，位于我国最北部的大兴安岭山地，地带性植被是以兴安落叶松为单优势树种的落叶针叶林，兴安落叶松林分布面积达822万hm^2，局部地方也有其他针叶树分布，如樟子松、偃松、红皮云杉等。本区植物种类较贫乏，野生维管植物仅800余种，以西伯利亚植物区系为主，但深受长白植物区系的影响，还有少量的内蒙古植物区系成分。动物区系中，蹄类最为重要，以驼鹿、马鹿、獐、狍最为普遍，尤以驼鹿为优势种；食肉类有多种鼬、熊、水獭、紫貂等；鸟类以榛鸡、黑琴鸡等为主；爬行类和两栖类动物都较少。这一带是我国主要的原始林区之一，目前在森林区域中已建有呼中、汗玛和诺敏三个自然保护区，但70年代以来人类活动的影响逐步加剧（陈灵芝，1993；吴征镒，1995）。

温带针叶落叶阔叶混交林区，是针叶林向落叶阔叶林的过渡区，包括小兴安岭、完达山和长白山一带山地。地带性植被是以红松为优势种，伴生有多种阔叶树的阔叶红松林。和北温带同纬度其他地区的森林相比，阔叶红松林以其建群种独特、物种多样性丰富、且含有较多的亚热带成份而著称。本区植物种类繁多，仅维管植物就达2 300余种，是“长白植物区系”分布区的中心部分。代表性树种有紫椴、水曲柳、核桃楸、黄波罗、春榆、蒙古栎、多种槭树等许多珍贵树种，人参为国级一级保护植物，刺人参、对开蕨等5种为国家二级保护植物，此外还有国家三级保护植物19种。阔叶红松林是许多珍贵的野生动物的栖息地，蹄类动物有马鹿、鹿、狍子、梅花鹿、原麝、青羊和野猪等，其中狍子、马鹿和野猪分布最为普遍；食肉类有东北虎、黑熊、紫貂、多种鼬、水獭等；鸟类有苍鹰、花尾榛鸡、黑琴鸡等珍贵物种。东北虎、梅花鹿、紫貂等10种为国家一级保护动物，黑熊、水獭、苍鹰、花尾榛鸡等49种为国家二级保护动物。该区目前所剩的原始林，大多分布在交通不便的偏远地区或自然保护区内，其地带性森林植被——原始阔叶红松林仅占该区有林地面积的1.15%，主要分布在几个保护区内。目前已建有22个保护区，其中黑龙江省范围16个，吉林省范围6个，最著名的“长白山国家级自然保护区”，面积19万hm^2，是全球闻名的国际生物圈保护区（陈灵芝，1993；吴征镒，1995）。

3 东北林区生物多样性保护的问题与现状

近200年来，特别是20世纪以来，由于人类活动的破坏，东北林区原始林资源大幅度减少，次生林比重急剧增加，森林质量发生了质的变化，生物多样性栖息地无论在数量上还是质量上都大幅度下降，生物多样性的维持与保护主要受到以下几方面的影响。

3.1 原始林生境急剧减少，而且仍在延续

到1996年为止，全国共生产木材20.38亿m^3，年平均木材生产量呈直线上升，从20世纪50年代的2 026万m^3到90年代的6 291万m^3，基本上以每10年1 000万m^3的速度递增（中华人民共和国林业部，1997）。这些木材大多数产自国有林区的原始天然林，国有林区木材产量一直占全国总产量的1/2至2/3。东北林区的森林资源单从统计数来看，森林覆盖率减少幅度不是很大，但森林质量却发生了质的变化，次生林、灌丛、荒山裸地比重大幅度增加，原始林比重急剧下降。东北林区第二次（1977～1981）与第三次（1984～1988）全国森林资源清查间，成过熟林蓄积从14.5亿m^3减少到7.4亿m^3，第四次（1989～1993）与第三次清查期间，成过熟林面积减少61万hm^2，占全国同期总减少量的60%，目前东北林区成过熟林蓄积已下降到不足7亿m^3。除国家计划下达的木材生产任务需要通过采伐原始林来完成外，计划外的超限额采伐也是原始林减少的主要原因。仅以“八五”期间为例，我国各地的超额采伐现象依然令人触目惊心，“八五”期间总计超采1.72亿m^3，年均超采3 431万m^3，接近全国1995年木材总生产量的1/2。仅东北林区1995年的超采量就达800多万m^3，接近全国的1/4。超限额采伐的木材，集中来源于国有林区的原始天然林（中华人民共和国林业部，1997）。原始林破坏后的直接后果，就是依赖原始林生境生存的珍贵物种的大量减少乃至濒临灭绝。

3.2 采伐方式不科学、不合理

原始林绝对数量的减少和质量的下降，除过量采伐之外，另一主要原因就是采伐方式的不合理、不科学，采伐没有充分考虑到随后的更新问题。以完全破坏森林环境、破坏整个森林生态系统和全部资源为代价而换取木材收益的皆伐，在我国国有林区始终是一种主要的采伐方式，尽管50年代刘慎谔先生就提出反对，但直至1995年时，全国主伐木材产量仍占木材总产量的70%，皆伐面积仍占60%（中华人民共和国林业部，1997）。皆伐这一对森林资源、森林环境、生物多样性破坏最严重的采伐方式，对生物多样性的影响是不难想象的。

3.3 林业用地被征占、有林地减少的情况仍很普遍

据统计全国每年仍有756万hm^2的有林地逆转为无林地、疏林地或灌木林地，44万hm^2有林地变为非林业用地。林业用地被征占的情况一直比较严重，仅以1995年为例，全国总计征占林业用地面积49 995.1hm^2，其中有林地16 676.9hm^2。黑龙江省仅1995年被征用的林业用地就达21 621hm^2，占全国总数的43%，其中有林地2 434hm^2，占全国的14.6%。吉林省1995年被征用的林业用地也达1 167hm^2（中华人民共和国林业部，1997）。

国有林区有林地逆转的情况几十年来极为严重。1968年建设兵团成立以后的10年中，牡丹江林区边沿的宝清县森林被毁1/4，萝北县被毁1/3，松嫩平原北端的讷河县被毁2/5。位于嫩江边上的大兴安岭大杨树林区1976～1980年间就开荒86万hm^2，森林覆盖率由1970年的42.8%降到1983年的30.8%。大杨树镇全镇20万人口中，70%以上为农业人口，林业职

工及家属仅占35%，林区已完全变为农区（蒋有绪等，1992）。有“红松故乡”之称的小兴安岭伊春林区，50年来共生产木材2.2亿m^3，占全国国有林区木材总产量的1/5，生产木材的代价就是原始林急剧减少，开发之初原始林面积、蓄积均占70%以上，到1995年时林区资源中幼龄林、近熟林和成过熟林的面积、蓄积比分别为67∶1∶22和47∶15∶38，红松林已减少到不足10%，特别是大量的林业用地转变为非林业用地，使许多森林生物无栖身之地（中华人民共和国林业部，1997）。

3.4 非法捕猎、采摘仍很严重

随着林区人口的增加，特别是流动人口大量进入林区，对生物多样性的维持构成很大威胁。珍稀物种的急剧减少，除直接的生境破坏外，另一个主要原因就是过度捕猎。珍稀植物野山参、手掌参、天麻、刺人参、对开蕨及濒危动物东北虎、梅花鹿、紫貂、黑熊等的濒临灭绝，很大程度上是由于人类的过度捕获所致。

4 天然林保护与生物多样性恢复

天然林保护工程是一项以保护与恢复天然林资源为手段，以调整林区产业结构、改善林区运行机制为措施，以促进林区经济产业建设为动力，以改善生态环境为基本目标，以实现森林资源可持续利用和林业可持续发展为最终目的的跨世纪伟大工程。天然林保护不是自然保护区式的保护，但也不同于传统的天然林经营，保护是包括封育、经营、恢复、管理等内容的一种积极的保护，天然林保护绝不是简单的封山或禁伐。林业是资源环境事业的重要组成部分，同时林业也是一种产业，对东北林区而言提供木材仍将是一项基本任务，因为依赖进口来满足我国这样一个发展中国家的木材需求是不现实的。禁伐对于某一地区在某一时期也许是必要之举，但全面禁伐对于任何国家或地区绝不是上策，天然林保护不是简单的伐与不伐的问题，而是伐多少、怎样伐、在哪伐的问题，是具体实施过程中如何科学、合理、严格管理的问题，是在强调“保”的同时如何科学地做好“育”的问题。东北林区生物多样性保护是合理利用下的积极保护，是保障林区经济发展、满足国家需求为前提的保护。

4.1 分类经营保护对策

目前东北林区的天然林资源主要有3大类即：所剩无几的原始天然林、原始林强度择伐后形成的天然次生林（过伐林）、原始林皆伐破坏后所形成的次生林。如何实现这3类森林的合理保护、经营和利用，是东北林区天然林保护工程实施的关键，也是东北林区生物多样性保护的关键。

原始林是生物的理想栖息地，对原始林的保护在生物多样性保育中具有重要意义，原始林区自然保护区的建立为生物多样性保护提供了保障，尤其是面积达20万公顷的长白山自然保护区，是一个巨大的基因库，是生物多样性理想的保育基地。但是，原始林资源不可能完全以保护区的方式保护起来，目前分布于东北林区的原始天然林尽管数量已很少，但目前或今后一段时期内仍然是我国商品木材的主要来源。对于这部分原始林，仍然要坚持40年前刘慎谔、王战等先生就已提出的“采育择伐”等经营思想（李景文等，1997；刘慎谔等，1985），同时要赋予新的生态内涵，实行“生态采育择伐”或“生态采育选伐”，加以合理利用经营。要废止40年前刘慎谔先生就反对的“皆伐”这一严重破坏森林环境、威胁生物多样性、破坏森林资源可持续性的采伐方式。

天然次生林是目前东北林区森林的主体，其面积占东北林区有林地面积的近 70%，主要由杨桦类、栎类和其他阔叶混交林组成，分别占林分总面积的 22.4%、17%和 11.2%，而珍贵优质树种水曲柳、核桃楸、黄波罗林面积仅占 1.4%。可以说对东北林区天然林的保护，最终将在很大程度上落到对这些第一代或第二代天然次生林的保护上。对原始林破坏后所形成的各演替阶段的次生林，要充分利用森林的天然更新潜力，辅助以适当的人工促进措施，坚持少投入、多产出、高效益的原则，促进次生林向地带性天然原始林的演替，决不可再走“次生林改造”这样的劳民伤财的老路。要努力在天然林恢复上下功夫，能天然更新的地方尽量利用天然的力量，恢复天然林，因为天然林的损失是难以简单地以营造人工林来补偿的。

4.2 科学经营与生物多样性恢复

研究表明，皆伐和择伐对生物多样性的影响是不同的，在森林皆伐后 2 年的迹地上，只有 8 种鸟类，且皆为草地灌丛鸟，森林鸟完全消失；皆伐后经 50 年的恢复，鸟类种数才增至 15 种，不及原始阔叶红松林（34 种，其中森林鸟 33 种）的一半，其中森林鸟仅为 12 种。而阔叶红松林按 40%强度择伐后，第二年夏季森林鸟仍有 24 种，为原始林鸟类的 72%，远高于经 50 年演替后的次生林（李世纯，1995）。

植物种的恢复也和鸟类相似。择伐后第二年，90%的林下植物种与原始林相同，只是各物种多度分布发生一些变化。而过伐林需经 30～40 年的恢复后，其物种构成才能基本与原始林一致。在原始林种群种源可及的情况下，经 30 年恢复的次生杨桦林，林下地带性原生成分恢复可达 60%，经 60 年后可达 90%以上。保护区周边的柞树林因有足够的地带性原生种群种源，经 40 年自然演替后，其植物种数可恢复 80%，而远离自然保护区靠近农区的柞树林，由于农民烧柴等的反复破坏，加之无地带性原生种群种源，40 年后只恢复 30%（郝占庆等，1994）。

东北林区物种多样性有较强的恢复潜力，在低频度、小强度、不破坏原生种群种源的情况下，物种多样性完全可以自然恢复，但恢复的速度依立地条件的不同有很大差异。天然次生林只要给以足够的时间让其自然恢复，或辅助以科学的人为措施如“栽针保阔”等，完全可以恢复为地带性的原生植被。通过天然林保护工程的科学实施，促进次生林向地带性天然原始林的演替，对生物多样性保护有非常重要的意义。

参考文献

陈灵芝（主编）. 1993. 中国的生物多样性——现状及保护对策. 北京：科学出版社

郝占庆等. 1994. 长白山北坡阔叶红松林及其次生白桦林高等植物物种多样性比较. 应用生态学报，5（1）

蒋有绪等（著）. 1992. 中国林业发展环境目标战略研究——2000 年中国林业发展与环境效益预测. 北京：中国科学技术出版社

李景文等（著）. 1997. 红松混交林生态与经营. 哈尔滨：东北林业大学出版社

李世纯等. 1995. 森林采伐对鸟类群落的影响. 森林生态系统研究，7：131～137

刘慎谔. 刘慎谔文集. 1985. 北京：科学出版社

陶炎著. 1994. 中国森林的历史变迁. 北京：中国林业出版社

吴征镒（主编）. 1980. 中国植被. 北京：科学出版社

中华人民共和国林业部. 1997. 中国林业年鉴（1996）. 北京：中国林业出版社

中华人民共和国林业部. 1996. 中国林业资源报告. 北京：中国林业出版社

THE IMPORTANCE OF THE NATIONAL PROGRAMME FOR NATURAL FORESTS CONSERVATION ON BIODIVERSITY CONSERVATION IN NORTHEAST STATE OWNED FOREST AREAS OF CHINA

Hao Zhanqing, Wang Qingli, Dai Limin

(Institute of Applied Ecology, the Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015)

In order to conserve and restore the natural forest resources in river-source areas and nuclear regions of main ranges, the Chinese government launched a National Programme for Natural Forests Conservation in 1998. The state owned forest areas in the northeast, the southwest and the northwest are the major regions of national natural forests distribution and are the key areas for biodiversity conservation. The northeast state owned forest areas which include taiga forest region and temperate needle-broad-leaved mixed forest region, is the largest natural forest region in China and plays a very important role on biodiversity conservation of the northern part of the country. The National Programme for Natural Forests Conservation will positively improve the situation of biodiversity conservation in the northeast state owned forests areas.

Key words: National programme for natural forests conservation, Northeast state owned forests areas, Biodiversity conservation

台湾生物多样性的保育近况

黄　生[*]　林曜松[**]

台湾的生物多样性及其保护曾有蒋志刚、彭镜毅等详细而正确的论述，在蒋志刚、马克平、韩兴国等人主编之《保护生物学》一书中（1996，浙江科学技术出版社），该文充分的介绍了台湾的生物多样性并提示了台湾从事生物资源保护工作的单位。本篇是一份短报，是在蒋先生和彭先生文章的基础上，简略地报导一下台湾民间保育近况，为使报导具体，拟以民间社区和湿地保育为范围。

20世纪80年代起民间开始参与并扩及各县市，进而建立了社区保育的模式，例如全省有18个县市设有野鸟学会，高雄县有鱼类保护区，阿里山的山美村设置了达娜伊谷自然生态公园，都是社区保育之典型，分述如下：

（一）高雄县溪流鱼类资源的永续利用

1992年高雄县三民乡民代表会通过《三民乡楠梓仙溪鱼类资源管理书及垂钓管理办法》；1993年5月，高雄县政府引用野生动物保育法，经中央主管机关公告《三民乡段楠梓仙溪流鱼类保护区垂钓计书》。保护区全长28公里，上游划为核心区，严格保护，全年禁渔，下游至三民乡乡界为永续利用区，得于每年6月至10月的丰水期开放民众垂钓非属保育鱼种。三民乡公所并以（1）课徵钓鱼证照费；（2）管制渔期；（3）管制渔区；（4）管制渔法；（5）管制渔获种类及数量等五种管制工具来管制垂钓行为，以维护资源的永续利用。此计划持续两年后，楠梓仙溪鱼群增加，吸引大批外地游客前来钓鱼。

（二）阿里山乡山美村达娜伊谷自然公园

1989年，阿里山乡山美村成立了达娜伊谷生态公园，山美村是一个少数民族部落，由村民自发性发起溪流保育工作。1996年阿里山乡代会通过《阿里山乡辖内各溪流生物保护区管理办法》，授权阿里山地方村落、社区进行保育工作。办法中规定进入生态公园得付清洁维护规费，1995年至1997年规费收入已达三百余万，全数纳入社区发展基金，用以支付公园管理站相关人事费、社区子女奖学金、生育辅助费、公园维护费等支出，并建立传统歌舞队、传统技艺及手工艺班等。

除了社区保育外，台湾的民间团体在保育生物多样性的实务工作方面贡献很大，除了两岸学者熟悉的国家公园学会等以就地保育（*in situ*）方式，保留生物多样性，推广生态保育观念，教育国民之外，还有许多团体做了许多保育生物多样性的实际工作，像近几年来特别活跃的《荒野保护协会》，她的宗旨是希望透过购买、长期租借、委托或捐赠，取得荒地的监护与管理权，将之圈护，仅可能让大自然经营自己，恢复生机。而我们及后代子孙将能在刻意

* 台湾师范大学生物系教授
** 台湾大学动物系教授

保留下来的台湾荒野中，探知自然的奥妙、领悟生命的意义。这样的角色功能就和美国的 The Nature Conservency（TNC）协会一样，保育自然、教育国民。其中又以“教育”方面的功能最受重视，因“教育”是要到达保育的必然过程，这和台湾的人民普遍尚未怀有保护大地的意识有关。

台湾的民间保育团体非常多，在政府立案的正式团体就有将近 50 个，团体之间也有为共同的目的而结盟的大团体，像生态保育联盟就是大约 30 个团体组成的大联盟，这个联盟的组成源于 1993 年为反对政府把野生动物降为非保育类的《人工饲养野生动物》相关规定，而由台湾的人猿基金会、野鸟学会、信任地球生态保护组织、绿色消费基金会、新环境基金会、TRAFFIC 台北分会、关怀生命协会等团体结合而成。这个联盟经由结合沟通而认识到解决类似的问题的根本途径在于立法，便由消极的反对转变为积极的提出民间版本的《野生动物保育法》并成立野生动物保育法修法联盟，终于在 1994 年底促成了内容大致上符合民间版本修定的《野生动物保育法》。法案既已采纳了民间的意见，人民也就比较愿意遵守，诸多实际的保育行动便经由人民和政府的互动而全面展开。以下举几个和湿地生态系、物种多样性保育的例子谈台湾的保育生物多样性的近况。

1995 年 8 月 27 日，生态保育联盟发表了一篇共同宣言—抢救湿地宣言，为了让台湾的湿地不再一寸一寸地消失，不沦入社会、人类无可挽回的损失的窘境，提出强烈的呼吁，要求政府应拟定国土计划、建立法规制度、尊重湿地与自然过程，同时提出白皮书，动员全数民间团体，形成强大压力，抢救湿地。湿地白皮书定出的“抢救湿地行动策略”要民众扩大参与的层面，参与政策、法律、行政体系、产业、学术研究、环境教育、民间公益团体、地方行动、文化及国际行动，可称之为十面参与。民间的声音是如此的强大，把每一层级政府和机关该做的事都点了出来，影响深远而且效果立见。例如 1999 年初在东台湾知本地方发生了投资兴建高尔夫球场的财团排掉了一片湿地的水的事件，就在 2 月 8 日，台东的保育团体发动一人一袋铲土回填连动把湿地恢复。这是一个小事，发生在一个偏僻的角落里，是地方上的人把对生态环境的关心付诸行动，恢复大自然的过程。这件事的重要意义是湿地的保育和开发财团的利益起了冲突，透过举行公听会的程序，协调呼吁再加上警察（公安）人员的维持方得以推动的。这是结合民意和公权力的一个案例，究其根本，是当地民众和地方政府甚至开发者都已经有了保育意识，不然就不可能协调。这可能真的是教育发挥了点点滴滴的功能了吧！

倒回一年，1998 年 4～5 月间，阳明山国家公园管理处要为了舒解假日的车辆，在一个公路转角的地方盖个停车场，面积不过一公顷。就在整地的时候，发现这一块原为路旁菜园，积水不到 10 平方公尺的湿地上，长了几株台湾水韭。台湾水韭是政府公告的保育类，依法不得移除，于是就停了工。经过了平面和视听媒体的报导，引发了社会大众的关心，接下来的一连串过程是台湾的一般典型，先开公听会，有学者专家，有民意代表，有政府官员，让大家充分表达意见，形成共识，再做决定。于是保育人士的生态良心、学者们的逆耳忠言、民意代表的逼官就范、大众的停车的现实需求和管理处的经营理念全盘呈现，各自也有不同的想法和立场，让彼此倾听，建立一个比较理性成熟的模式。这个事件的结果是国家公园管理处从善如流，停建停车场，赢得好名声，生态保育人士保育成功获得鼓舞，学者提出研究计书，民意代表定期监管，都成了赢家，政府单位全力配合，甚至不惜更改设计和经费的调度，也给人一种有效率的感觉，好像水韭这种小小的拟蕨类也是赢家——获得了一片新栖地。

从前面高尔夫球场弄干湿地，公园处筑路踩到湿地两件事看得出来，台湾是个开发已然过度却仍在开发的地方，要保护生物多样性是比任何地方都困难的。要是没有强有力的数据和证据，想要决策者良心发现，开怀众生是不太可能的，因此，最终是一道防线，看似微弱却是坚强无比乃是学界的声音。前一段台东湿地的经验是民间的力量，这样的力量并不能改变政府的规书。可是如果有证据，如找到水韭，不管水韭是怎么来的，政府单位就不得不考虑甚至改变原来的规书案。有这样的变通，也就可能有大一点的改进，因此保育自然就要有前瞻眼光，一步紧接一步的推衍。

再看大一点的范围，看整个台湾的西海岸。在 1983 年和 1985 年曾研究过台湾沿海主要的湿地自然环境保护方案。这个方案规书了十二个保护区，可是由于当时的法律不全，管理无方和民众对自然资源的滥用，使原本蕴含丰富多样性的海岸湿地，成为工业开发、垃圾焚化、污水排放等计划所觊觎的场所。由于海滩人稀，土地取得容易，短短三四十年的开发建设让海岸线就从眼前一片片的消失。这样的趋势已然形成，钢铁工业、石化工业也已准备进入海岸地带，大口吞食海岸资源的各样开发，势难遏止，把尚未知晓的，生命丰富的湿地用水泥胶结成平坦单调又喷烟冒气的工业区，整个湿地生态系将被完全破坏。惟一的希望就是提出证据和数据，告诉人民、政府和财团这样做是错的。这事在今年（1999 年）六月有了转机，因为由国科会委托中研院等单位进行了五年长期追踪报告提出来了，其中开发与保育冲突最多的地方，台南的七股潟湖，被认为是生产力最高的地方。由中研院动物研究所邵广昭所长领导的百余位研究人员提出了这样的报告，同时也提出了台湾的近海鱼类种类繁多，约有 2510 种，占全球的十分之一，数量却都很小的数据。保育联盟的人们手中有了这样的资料，坚持不让开发之斧挥下的主张就有了依据。如果新闻媒体接力奔走，发挥与论力量教育民众、官员和财团，往后的事也就可能有点转机，这些湿地也就有可能被保留下来。有了栖地，生命多样性的研究就自然能更深入，资料也就更丰富，就更足以提供模型供世人参考。我们且拭目以待。

湿地之上，尚有生物多样性整体的保育工作，最近也有具体的开展。先是笔者中台大动物系的林曜松教授在 1998 年 9 月之后举办了一系列的生物多样性研讨会，研讨生物多样性之利用，陆域、海洋和教育等方面的议题，探讨生物多样性消失的议题，对区域性与全球性的生命延续作出具体的回应的结论。

紧接着，1999 年 2 月初进行了 1999 年生物多样性学术研讨会，分成一般组、水域组、陆域组，进行学者专家们的概念和领域的整合，同时也将政府机关的代表和民间团体像生态保育联盟的意见加以整合，汇成了一股强大的力量，推向高层次的决策者。

学界的整合最是困难，“文人相轻，自古已然”明训在此，故各说各话而力量不能集中。或许时势迫人，生物多样性这个主题果能包容多样的领域，在这样的关键时刻，加上舆论的强烈敦促，再加上《不要再动嘴、赶紧着手做》的恳切呼吁，生物多样性委员会很快就成立了，脚步虽然慢了半拍，学界的逆耳忠言还是听了进去。配上活泼的民间力量，台湾生物多样性的研究、保育和利用未来还是乐观的。

两岸的学者们几乎在同一个时段进行了生物多样性的学术整合，共同面对着时间的压力，也共同面对着领域的楚河，君子今日无争，但求自强不息。

自然保护区—就地保护与植物园—迁地保护

黄忠良　王俊浩

(中国科学院华南植物研究所鼎湖山国家级自然保护区，广东肇庆 526070)

摘要　珍稀濒危植物的保护是生物多样性保护的一个重要内容。本文通过在鼎湖山国家级自然保护区的实例研究，论述了珍稀濒危植物就地保护和迁地保护的原理以及它们结合的优越性。鼎湖山既是一个自然保护区，又是一个树木园，其野生珍稀濒危植物种群数量14年来基本保持稳定，多数略有增长。在保护条件下，珍稀濒危植物能保持较稳定的种群水平，但一些珍稀植物因为生物学原因在原生环境里也无法生存，只有创造更加适合其生存与发展的新环境，这就是迁地保护。一些珍稀濒危物种在绝对保护条件下，因环境向不利于其生存发展的方向变化，这也需要迁地保护或采取干扰环境的方法。研究和实践证明，就地保护是珍稀濒危植物保护的最佳方法，但仅有就地保护还不够，尚需迁地保护作补充。迁地保护和就地保护各有优劣之处，只有二者结合，才能使珍稀濒危植物的保护更加有效。

关键词　珍稀濒危植物　迁地保护　就地保护　鼎湖山

在保护生物多样性的呼声日益高涨的今天，珍稀濒危植物的保护显得愈来愈重要。迁地保护和就地保护是目前珍稀濒危植物保护的最主要的两种手段。植物园是活植物的博物馆，是迁地保护的主要阵地。自然保护区作为就地保护的关键场所，在生物多样性保护中起着中流砥柱的作用（钱迎倩和马克平，1994）。迁地保护与就地保护各有其优劣之处，如能在同一地方将迁地保护与就地保护结合起来，扬长避短，相辅相成，则该地的生物多样性保护将会取得较大的成绩。鼎湖山树木园管理着鼎湖山国家级自然保护区，是为数不多的同时具有就地保护和迁地保护功能的地方之一。40多年来，鼎湖山树木园将珍稀濒危植物的迁地保护和就地保护结合起来，取得了一些成果。本文将就鼎湖山的具体实例，分析研究迁地保护和就地保护结合的必要性和优越性。

1　鼎湖山的概况

1.1　地理位置

鼎湖山自然保护区总面积1 155hm²，位于北纬23°10′，东经112°34′。在北回归线附近的陆地从阿拉伯半岛南部、非洲北部到印度半岛北部和美洲南部等地，几乎都是沙漠或稀树草原，故有“回归沙漠带”之称，唯我国华南地区为森林分布区。但长期以来，由于人类活动的干扰和破坏，许多古老森林已不复存在，独有鼎湖山这片森林还较为完整地保存下来，因此被中外学者誉为“北回归沙漠带上的绿洲”。

鼎湖山地处广东省中部，珠江三角州边缘。东距广州 84km，西离肇庆市城区 18km，交通十分便利。区内无农民居住，但驻有 5 个与旅游、疗养有关的单位。

1.2 自然条件

鼎湖山山体古老，为泥盆纪的鼎湖山系。母岩主要由砂岩、页岩和砂页岩所构成。最高峰海拔 1 000.3m，最低处 14.6m。土壤类型主要有赤红壤、黄壤及山地灌丛草甸土。属季风湿润型气候，年均气温 20.9℃，最冷月（1 月）平均气温 12.6℃，最热月（7 月）平均气温 28.0℃，极端最高温 38.0℃，极端最低温 −0.2℃，偶有短暂霜冻；年平均相对湿度 81%，干湿季明显，4～9 月为雨季，10 月至翌年 3 月为旱季。

1.3 生物多样性

鼎湖山自然保护区内分布有 8 种植被类型，其中针叶林（马尾松林），针阔叶混交林、季风常绿阔叶林构成一自然演替系列。从低海拔的沟谷雨林到高海拔分布的山地常绿阔叶林分别带有热带山地雨林和中亚热带森林的特征。南亚热带的地带性植被——季风常绿阔叶林已有四百多年的历史（王铸豪等，1982）。区内分布有野生高等植物 1 843 种，其中列入国家保护植物红皮书（第一批）的珍稀植物 12 种，第二批珍稀植物 10 种，以鼎湖山命名或以鼎湖山为模式标本产地的植物有 20 多种。区内有哺乳动物（兽类）38 种，鸟类 176 种，两栖动物 20 多种，蛇类 20 多种，已鉴定出的昆虫有 799 种。这些动物中有 22 种为国家保护动物。因此，鼎湖山物种多样性非常丰富。

2 珍稀濒危植物的就地保护

2.1 就地保护在鼎湖山

据记载，鼎湖山野生分布的植物中有 12 种列入我国植物红皮书（第一册），但有几种在 1956 年保护区建立之前已不见踪迹。自此以后，鼎湖山的珍稀濒危植物得到了较好的保护。笔者自 1983 年起开始对这些珍稀濒危植物的野生种群进行了监测，其结果见表 1。

表 1 鼎湖山珍稀濒危植物野生种群动态

种名	拉丁名	株数		在保护区中位置
		1983 年	1997 年	
桫椤	*Alsophyla spinulosa*	2	0	核心区 C
格木	*Erythrophleum fordii*	213	234	核心区、缓冲区 C & B
观光木	*Tsoogiodendron odorum*	2	1	核心区 C
紫荆木	*Madhuca pasquieri*	1	1	核心区 C
苏铁蕨	*Brainea insignis*	356	245	缓冲区、核心区 C&B
土沉香	*Aquilaria sinensis*	245	216	缓冲区、核心区 C&B
台湾苏铁	*Cycas taiwaiana*	18	23	缓冲区、核心区 C&B
野生荔枝	*Litchi chinensis*	35	38	缓冲区、核心区 C&B
巴戟天	*Morinda officinalis*	35	15	缓冲区、核心区 C&B

C 代表 Core area，B 代表 Buffer zone

从表 1 可以看出，鼎湖山的珍稀濒危植物大部分种群数量 14 年来基本保持稳定，多数略有增长。这说明在保护条件下，珍稀濒危植物能保护较稳定的种群水平。证明就地保护是有

效的维持生物多样性的方法。

2.2 就地保护的原理

2.2.1 保护生境的完整性

引起珍稀濒危植物丧失的最主要因素是生境的破坏,其最根本的原因是来自人类的干扰。由于自然保护区的建立大大降低了人类的干扰破坏,故能有效地保护珍稀濒危植物。自然保护区不同的功能区内,受到的人为干扰程度存有差异,故保护的效果不一样。在鼎湖山,巴戟天和土沉香主要分布于缓冲区内,所受到的人类干扰较核心区大,因而它们的种群数量有所下降。

2.2.2 保护珍稀濒危植物种群的完整性

珍稀濒危植物种群减少或消失的一个重要原因是人类的乱采滥伐及其他破坏行为。在自然保护区内,不允许乱采滥伐等破坏活动,使得珍稀濒危种群得以安全生长。格木和观光木均因材质优良而遭大量砍伐,引起其种群数量急剧下降。在鼎湖山自然保护区内,这些违法行为得以杜绝,因而它们的种群数量有所发展。

2.2.3 研究珍稀濒危植物的可持续利用

保护的目的是为了利用,但人类的利用方式不合理导致的最终结果是无资源可以利用。竭泽而渔、杀鸡取卵式的资源开发利用方式使得珍稀濒危植物的种群数量急剧锐减。自然保护区具有对珍稀濒危植物进行监测和研究的功能,在充分了解珍稀濒危植物现状的基础上,在掌握了它们的生物学和生态学习性的前提下,就能实现可持续利用(Huang Zhongliang & Guo Guizhong,1990)。桫椤、巴戟天等因药用价值而遭过度采挖,其种群数量已大大减少。但在鼎湖山自然保护区内,它们的生物学和生态学习性已基本研究透彻,并已开始大量繁殖推广,这样就减缓了人类需求对它们的压力。

2.2.4 通过科普教育提高公众保护珍稀濒危植物的自觉性

科普教育是自然保护区的重要功能之一。大力发展生态旅游和开展环境教育,使广大公众对保护生物多样性有深刻的认识和了解,就能让他们自觉地参加到保护生物多样性的行列中去。鼎湖山的沿途主植物上均挂有名牌,特别是保护植物更有重点说明。其他如就地书写或张贴宣传口号、在学生的夏冬令营活动中注意环保知识的教育、对周围村寨和保护区内的群众经常进行宣传教育等措施大大增强了自然保护效果。

2.3 就地保护的局限

(1) 自然保护区的建立需要大量的人力、物力,因此自然保护区的数量终究有限。某些珍稀濒危植物不能包括在自然保护区内,这就需要进行迁地保护。

(2) 某些物种在长时间的进化过程中,本身的生物学特性已不适应它们的原生环境,导致其更新困难。如古老孑遗植物桫椤的天然种群在鼎湖山的消失便是此原因。

(3) 自然保护区内由于植被演替等方面原因,环境发生变化,一些植物种类不适应这种变化了的环境,如鼎湖山的苏铁蕨因不适应增大了的荫蔽度而种群变小。

3 珍稀濒危植物的迁地保护

3.1 迁地保护在鼎湖山

植物迁地保护与传统上的植物引种驯化有些相似。鼎湖山树木园自20世纪60年代起便

开始了植物的引种驯化工作。90 年代以来，由于得到了中国科学院有关基金的资助，迁地保护工作进展很快，现已建有一个面积为 2 hm^2 的鼎湖山珍稀濒危植物园，引种有第一批国家重点保护植物 35 科 58 属 74 种；其中一级保护 6 种，二级保护 30 种，三级保护 38 种。由表 2 可知，鼎湖山树木园迁地保护的珍稀濒危植物大部分生长良好，部分已开始开花结实，繁衍后代，仅有少部分生长不良或死亡。可以说，鼎湖山对珍稀濒危植物的迁地保护大部分是成功的。

表 2　鼎湖山迁地保护的珍稀濒危植物

种名	拉丁名	保护级别	株数	生长状况
桫椤	*Alsophyla spinulosa*	1	45	良好
银杉	*Cathaya argyrosphylla*	1	2	一般
金花茶	*Camellia argyrophylla*	1	3	良好
水杉	*Methsequoia glyptostroboides*	1	2	良好
秃杉	*Taiwania flousiana*	1	1	一般
望天树	*Parashorea chinensis*	1	1	一般
金钱松	*Pseudolarix kaempferi*	2	2	一般
红桧	*Chanaecyparis formosensis*	2	3	一般
福建柏	*Fokienia hodginsii*	2		良好
篦子三尖杉	*Cephalotaxus oliveri*	2	2	一般
水松	*Glyptostrobus pensilis*	2	3	良好
银杏	*Ginkgo biloba*	2	23	良好
海南粗榧	*Cephalotaxus mannii*	2	2	良好
伯乐树	*Bretschneidera sinensis*	2	6	一般
广西青梅	*Vatica guanxiensis*	2	4	一般
狭叶坡垒	*Hopea chinensis*	2	3	一般
杜仲	*Eucommia ulmoides*	2	2	较差
东京桐	*Deutzianthus tokienensis*	2	3	一般
金丝李	*Garcinia paucinervis*	2	2	一般
格木	*Erythrophleum fordii*	2	232	良好
观光木	*Tsoogiodendron ordorum*	2	124	良好
鹅掌楸	*Liriodendron chinensis*	2	5	良好
香木莲	*Manglietia aromatica*	2	2	良好
连香树	*Cercidiphyllum japonicum*	2	2	一般
喙核桃	*Annamocarya sinensis*	2	2	一般
荔枝	*Litchi chinensis*	2	21	良好
伞花木	*Eurycorymbus cavalerieri*	2	6	较差
掌叶木	*Handeliodendron bodinieri*	2	1	一般
紫荆木	*Madhuca pasquieri*	2	3	良好
红皮糙果茶	*Camellia crapnelliana*	2	3	一般
显脉金花茶	*Camellia euphlebia*	2	3	一般
平果金花茶	*Camellia pingguoensis*	2	3	一般
东兴金花茶	*Camellia thunhinensis*	2	3	一般
柄翅果	*Burretiodendron esquirolii*	2	2	较差
蚬木	*Burretiodendron hsienmu*	2	1	一般
叉叶苏铁	*Cycas micholitzii*	2	1	良好
台湾苏铁	*Cycas taiwaniana*	3	13	良好

（续）

种名	拉丁名	保护级别	株数	生长状况
篦齿苏铁	*Cycas pectinata*	3	2	良好
黄枝油杉	*Keteleeria calcarea*	3	3	已死
柔毛油杉	*Keteleeria pubescens*	3	3	已死
油杉	*Keteleeria fortunei*	3	2	较差
翠柏	*Calocedrus macrolepis*	3	2	一般
长叶竹柏	*Podocarpus fleuryi*	3	254	良好
鸡毛松	*Podocarpus imbricartus*	3	124	良好
千果榄仁	*Terminalia myriocarpa*	3	2	一般
青皮	*Vatica mangachapoi*	3	3	良好
肥牛树	*Cephalomappa sinensis*	3	1	良好
蝴蝶果	*Cleidiocarpon cavaleriei*	3	2	良好
五桠果木姜子	*Litsea dilleniifolia*	3	1	良好
沉水樟	*Cinnamomum micranthum*	3	2	良好
闽楠	*Phoebe bournei*	3	5	良好
滇楠	*Phoebe nanmu*	3	1	一般
顶果木	*Acrocarpus fraxinifolius*	3	2	一般
降香黄檀	*Dalbergia odorifera*	3	2	一般
任木	*Zenia insignis*	3	3	一般
八角莲	*Dysosma versipellis*	3	2	良好
巴戟天	*Morinda officinalis*	3	15	良好
厚朴	*Magnolia officinalis*	3	1	良好
天目木兰	*Magnolia amoena*	3	2	良好
宝华玉兰	*Magnolia zenii*	3	2	良好
大叶木莲	*Manglietia megaphyla*	3	3	良好
香籽含笑	*Michelia hedyosperma*	3	5	良好
云南拟单性木兰	*Parakmeris yunnanensis*	3	3	良好
吊皮锥	*Castanopsis kawakamii*	3	2	良好
红椿	*Toona ciliata*	3	1	良好
白桂木	*Artocarpus hypargyreus*	3	2	良好
锯叶竹节树	*Carallia diplopetela*	3	1	良好
黄檗	*Phellodendron amurese*	3	3	良好
干果木	*Xerospermum bonii*	3	1	一般
白辛树	*Pterostyrax psilophylla*	3	4	一般
土沉香	*Aquilaria sinensis*	3	154	良好
青檀	*Pteroceltis tatarinowii*	3	2	一般
海菜花	*Ottalia acuminata*	3	2	较差
兰花蕉	*Orchidentha chinensis*	3	2	一般
馨香木兰	*Magnolia odoratissima*		5	良好
长蕊含笑	*Michelia longistamina*		3	良好
四川含笑	*Michelia wilsonii*		2	良好
云南桂花	*Osmanthus yunnanensis*		1	良好
对节白腊树	*Fraxinus hupehensis*		1	一般

3.2 迁地保护的原理和应注意的问题

3.2.1 迁地保护的必要性和局限性

因为就地保护存在上述的局限性，所以，迁地保护便有了必要性，并成为人类对植物资源的保护、管理所采取的主要措施之一。但由于对植物实行迁地保护要耗费较大的资源，而且使受保护植物离开了原来的生态系统，所以，它仅是植物多样性保护的一种辅助手段。

3.2.2 模拟原生环境是迁地保护的重要手段

在自然界，每种植物均分布在一定的地理区域内，生长繁衍在一定的生态环境中。对它们实行迁地保护就要让它们离开其自然生态环境，到一个新的地域、新的环境。植物迁地保护地即使与它们的分布在同一气候区内，其环境条件总有一定的差异。若环境条件差异太大，就会造成"水土不服"。鼎湖山引种的部分植物生长不良或死亡，如油杉属（*Keteleeria* sp.）的几个种，是由于鼎湖山与它们的原生地环境差异太大。因此，在引种地，应尽量模仿其原生环境。

3.2.3 适地适树是迁地保护成功与否的关键

适地适树是引种驯化的原则，我们在进行迁地保护时仍要注意这个原则，即将植物引种到符合它们的生态特性的生境中去。珍稀濒危植物的适应性如何，就成为迁地保护成功与否的关键。而适应性的主要依据是植物的生物学和生态学特性，因此，在进行迁地保护之前，必须充分了解欲引种植物的生物学和生态学特性。由于鼎湖山较一般的植物园（树木园）面积大，可供选择的环境较多，作到适地适树的可能性较大。根据在鼎湖山进行的长叶竹柏的繁殖栽培研究，不同环境条件下珍稀濒危植物生长和繁殖状况差异很大（黄忠良，1998）。

3.2.4 种群数量是迁地保护成功的保证

进行珍稀濒危植物迁地保护的时候，一定要考虑种群数量。因为保持一个物种，必须以种群最小存活数量为依据。对某一个种仅引种几株个体，对保存物种的意义有限。一个物种种群最好来自不同地区，以丰富物种遗传多样性。如果种群太小，近亲繁殖将导致它们的后代越来越弱，并逐渐走向衰亡。鼎湖山的大部分迁地保护植物株数偏少，但在鼎湖山就地保护的植物种，其迁地保护的株数也较多。

4 迁地保护和就地保护结合的优越性

4.1 利于濒危机制的研究

通过对就地保护的野生种群和迁地保护的栽培种群的监测研究，就能准确地探寻到珍稀濒危植物的濒危机制。经过对鼎湖山格木栽培和野生种群的对比研究，发现格木成为濒危种的原因除因材质优良而遭大量砍伐外，另一原因是格木的种子具坚硬种皮，难以萌发，而且易遭病菌和蛀虫为害，因而天然更新能力弱（黄忠良等，1997）。观光木的种子因富含油脂而易遭鸟兽取食，被食后的种子大部被消化而丧失发芽力。因此，鸟兽取食不是观光木种子传播方式，而是其沦为稀有的原因之一。此外，鼎湖山的观光木年年盛花，但不结果，光照条件不足可能是其花而不实的主要原因（黄忠良和郭贵仲，1985）。苏铁蕨不耐荫，在林中隐蔽条件下，大量死亡。对此，采取种子处理或疏伐等措施，解除格木、观光木、苏铁蕨的濒危机制，使它们得以繁衍（王俊浩和黄忠良，1998）。

通过对就地保护、迁地保护的结果分析，可以全面了解各珍稀濒危植物的生物学、生态学特性以及生活史策略，籍此进行扩大种群繁殖，就能使珍稀濒危植物摆脱稀有或濒危状态。

在鼎湖山，经过对各种珍稀濒危植物的研究，已经能大批量地繁殖桫椤、格木、观光木、长叶竹柏和鸡毛松等。如桫椤的孢子萌发需一定的水分条件和温度条件，否则便不能繁殖成功（王俊浩等，1996）。

4.2 利于回归

自然保护区一般面积较植物园大，并具多种生境，因此，更适合进行适地保护后的珍稀濒危植物的回归（reintroduction）。对回归的种群进一步监测，就能切实有效地检测这些植物的迁地保护是否成功。

表3 鼎湖山树木园进行繁殖和回归研究的珍稀濒危植物

种名	拉丁名	种群数量	适应性	是否开花	是否结果
桫椤	*Alsophila spinulosa*	110	++	Fl.	Fr.
格木	*Erythrophleum fordii*	250	+	Fl.	Fr.
观光木	*Tsoongiodendron odorum*	120	++	Fl.	
水松	*Glyptostrobus pensilis*	10	+		
巴戟	*Morinda officinalis*	120	+	Fl.	Fr.
鸡毛松	*Podocarpus imbricatus*	350	+	Fl.	
长叶竹柏	*podocarpus fleuryi*	1200	+	Fl.	Fr.

++为适应性强，+为适应性较强；Fl.为正常开花，Fr.为正常结实。

总之，正因为就地保护和迁地保护都存在一定的局限性，将二者结合便可相互弥补这些局限性，从而大大提高保护珍稀濒危植物的效果。

参考文献

王铸豪，何道泉等.1982.鼎湖山自然保护区的植被.热带亚热带森林生态系统研究，1：77～141

王俊浩，黄玉佳，石国梁.1996.鼎湖山桫椤的繁殖栽培.广西植物，16（3）：283～286

王俊浩，黄忠良.1998.鼎湖山自然保护区的植物种濒危机制及保护对策.热带亚热带森林生态系统研究，8：223～227

黄忠良，郭贵仲，张祝平.1997.渐危植物格木的濒危机制及其繁殖特性的研究.生态学报，6（17）：671～676

黄忠良，郭贵仲.1985.我国特有植物观光木分布区的自然条件.热带亚热带森林生态系统研究，3：60～64

黄忠良.1998.长叶竹柏生长和繁殖与环境的关系.植物资源与环境，7（4）：43～46

钱迎倩，马克平（主编）.1994.生物多样性研究的原理和方法.北京：中国科学技术出版社

Huang Zhongliang and Guo Guizhong. 1990. Rare and endangered plants in Dinghushan arboretum. In：He Shan-An (ed.). Present Conservation Status of Rare and Endangered Species in Chinese Botanical Gardens. Nanjing：Jangsu Science & Technology Publishing House，108～113

NATURE RESERVE-*IN SITU* CONSERVATION AND BOTANICAL GARDEN-*EX SITU* CONSERVATION

Huang Zhongliang, *Wang Junhao*
(Dinghushan Nature Reserve, South China Institute of Botany,
the Chinese Academy of Sciences, Zhaoqing, Guangdong 526070)

Protecting rare and endangered plants is an important part of biodiversity conservation. This paper explored the availability and advantages about the combination of *in situ* conservation and *ex situ* conservation, based on a case study made in Dinghushan Biosphere Reserve, which is also an arboretum. From 1983 to 1997 in Dinghushan, the populations of rare and endangered plant species have been stable and some have increased, but some have decreased because they can not survive in their primitive habitats. Under strict protection, as the community succession occurred, the micro-habitats changed and is no longer suitable for some species' growth. The measure to solve this problem is to interfere the habitat succession and keep its original state. Another solution is *ex situ* conservation——moving the rare and endangered plants to the man-made habitats in botanical gardens. To check if the *ex situ* conservation succeed or not, the best way is to reintroduce these rare and endangered plants to nature reserves. We believe that, combination of *in situ* and *ex situ* conservation is effective for the conservation of rare and endangered plants.

Key words: Rare and endangered plants, *Ex situ* conservation, *In situ* conservation, Dinghushan

云南楚雄彝族的植物文化与生物多样性保护*

刘爱忠 裴盛基 陈三阳

（中国科学院昆明植物研究所，昆明 650204）

摘要 文化多样性对生物多样性的保护和管理产生着深刻的影响。本文从云南楚雄彝族自治州彝族传统的植物文化入手，通过广泛的野外调查和民间访谈，着重楚雄彝族植物文化的内涵以及对生物多样性保护和管理的影响，进一步探讨了在我国利用传统民族文化服务于社区水平生物多样性保护和管理的作用和意义。

关键词 云南楚雄彝族 植物文化 生物多样性保护 影响

1 前言

文化多样性和生物多样性是密不可分的整体（Sinha，1996）。文化塑造着环境，不仅决定着个人或集体对自然资源的利用和管理，而且改变着这个地球的生态系统和生物多样性（Arizpe，1996）。在当今的生物多样性保护和管理中，文化多样性保护是生物多样性保护和管理不容忽视的重要方面。文化多样性对生物多样性的重要性已越来越被从事生物多样性科学研究的学者所认识和接受（McNeely，1995；Dasmann，1995）。我国是多民族、多文化、多区域的国家，不同民族的人民对自然环境尤其是多样的生物资源的依赖性与利用方式形式多样，不仅深刻地影响或塑造了民族的文化，而且对生物多样性的利用、保护与管理产生着深刻的影响（张新时，1995）。本文通过对云南楚雄彝族传统的植物崇拜进行广泛的调查，探索性地研究了云南高原土著彝族在和植物相互作用的过程中形成的植物文化对当地自然保护的影响和意义，进一步探讨了在我国现阶段的自然保护中利用传统文化的作用和意义。

植物文化形式多样，如植物崇拜、植物图腾、植物宗教、植物象征（或寓意）、植物禁忌等至今在许多民族尚存，如墨西哥的印第安人有“世界生命树”的崇拜；欧洲雅利人安的各氏族都崇拜神树；西非所有部族视高大的木棉树（*Bombax ceiba*）为神灵（龙春林和王洁如，1994）；印度的许多部落有他们崇拜的神树林，这样的神树林在亚洲的其他地区和非洲也广泛存在（Gadgil & Vartak，1974）。在我国，苗族的枫树崇拜（吴仁，1992），西双版纳傣族的“龙山”崇拜（Pei，1985；刘宏茂等，1992），云龙县白族的大滇扑（*Celtis yunnanensis Schneider*）崇拜，基诺族的大青树（*Ficus* spp.）崇拜（龙春林和王洁如，1993），南华县彝族的葫芦崇拜，楚雄彝族的马缨花（*rhododendron delavayi*）崇拜（王丽珠，1995）等。关于

* 本文得到中国探险学会（香港）96’文化与自然保护青年野外调查基金和国际山地综合发展中心的资助，承蒙龙春林教授的指导，楚雄彝文化研究所朱琚元（副教授）、李世康（副教授）的指点，张方玉、陈利民、王雨华等先生参加了部分工作，调查所到的地方政府提供了大量方便，在此一并致谢。

植物文化信仰的民族植物学（Ethnobotany）研究，在20世纪70年代初，就引起了学术界的注意，如神树林（sacred grove）研究（Gadgil & Vartak，1974；Ramakrishnan，1996；Lebbie & Guries，1995；Kumbhojkar *et al.*，1996），民间的植物信仰或禁忌调查与研究（Changkija，1996；许再富和刘宏茂，1995），神圣植物的民族药物学研究（Upadhye *et al.*，1997）等。然而，关于植物文化信仰对现代自然保护的影响的专项研究，在我国并不多见。

2 方法

本文主要采用人类学、生态学和植物学的野外调查、取样比较、民间访谈和室内标本鉴定与编目等方法，定点和跑点相结合，以云南楚雄紫溪山自然保护区周边地区的红墙行政村为定点研究点，跑点访谈了武定县和大姚县部分彝族地区，着重楚雄彝族植物文化的生物多样性内涵编目和森林样方比较。

$$D = -\sum_{i=1}^{n} \frac{N_i}{N}\log_2 \frac{N_i}{N} \text{ 或 } D = 3.3219(\lg N - \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} N_i \lg N_i)$$

由于 Shonan－Wiener 指数对森林群落物种多样性的比较较为有效（彭少麟和王伯荪，1983；郭玲和许再富，1990），故本文采用该指数对不同管理模式下的森林（即保护区、村社集体林和“神树林”），进行样方物种统计和多样性指数的计算，比较其植物多样性的差异，其公式为：

$$J = \frac{D}{3.3219}\left[\lg N - \frac{\alpha(S-\beta)\lg\alpha + \beta(\alpha+1)\lg(\alpha+1)}{N}\right]$$

式中：N 为样地中所有物种的个体数，N_i 为第 i 个物种的个体数，3.3219为由 $\log_2$到 lg 的转化系数。为了对多样性指数进行补充，我们采用了均匀度 J 的计算。

式中：J 为均匀度，D 为多样性指数，S 为样地中物质总数目，β 是 N 被 S 整除以外的余数，$(0\leq\beta\leq N)$，$\alpha=(N-\beta)/N$ 。

3 研究地区

楚雄彝族自治州位于云南高原腹地，州境跨东经100°43′～102°30′、北纬24°13′～26°30′。山地面积占总面积的90%以上，亚热带季风气候、多样的地理环境和悠久的历史孕育了丰富的生物多样性和文化多样性。楚雄彝族是云贵高原土著民族之一，以“大分散，小集中”为分布特点，主要集中在山区和半山区。他们有自己的语言和文字，特别是“元谋古人”、“十月太阳历”和“铜鼓”已引起了全国乃至世界文化人类学界的极大兴趣和普遍关注。

定点研究点——红墙行政村位于紫溪山自然保护区的缓冲地区，面积60km²，人口1 745，由21个自然村组成，彝族占80%以上。长期受“采集野生植物＋农业＋畜牧业”的生产方式和传统彝文化的影响，形成了独特的对生物多样性的管理模式（即：多样的混农林＋彝文化的影响）。跑点调查和访谈的武定县白路乡、环州乡和大姚县昙华乡、桂花乡和双柏县的独田乡等彝族地区，都有着悠久的彝族居住历史，在地理分布、彝族支系和传统彝文化上，既有普遍性又有代表性。

4 结果

4.1 楚雄彝族植物文化的多样性及其生物多样性表现

通过广泛的文献研究、社会访谈、野外调查，发现楚雄彝族传统的植物文化在当地彝族社会中广泛存在，表现了丰富多彩的文化多样性，集中反映在植物的图腾始祖、鬼神崇拜、传统节日、民族习俗等方面。

植物图腾始祖：在楚雄彝族社会中，彝族人民普遍认为他们的祖先由植物而来，或者某些植物曾经救了他们的祖先，才使得彝族得以繁衍，因此他们用这些植物的枝条或根，图腾成人形，作为灵牌加以供奉，绝对禁止外人触摸。这些“灵物”代表着他们已故祖先的化身，被视之为神圣不可侵犯的“圣物”，相应的植物也被看作为整个家族兴衰的“神物”，具有深刻的文化内涵。

鬼神崇拜：鬼神崇拜是原始宗教的重要内容之一。在楚雄彝族社会中，鬼神崇拜和植物崇拜紧密联系在一起。“鬼树”就是其中一例，如米饭花（*Lyonia ovalifolia*）由于其茎弯曲，通常表面附生着灰白色的壳状地衣，而且叶的颜色随季节的变化而变化（春夏为绿色，秋为黄红色，冬天落叶后仅为附着灰白色真菌的茎枝），看起来形状怪异，被当地人认为是“鬼树”；小漆树由于叶的颜色红艳，含有毒素，容易引起人的皮肤过敏，也被认为是“鬼树”。这些“鬼树”没有人敢轻易砍伐。马桑树（*Coriaria sinica*）被看作是“人与神的桥梁”，在宗教仪式上有着特别的喻意；青冈栎（*Cyclobalanopsis giaucoides*）的枝叶经常用来“送鬼”；油杉（*Keteleeria evelyniana*）被指定为“阴材”，只有在作棺材时才能砍伐。“神树”和“神树林”在当地彝族社会中更是普遍存在，几乎每个村寨都有他们自己的“神树”和“神树林”（许多彝族地区称为“密枝林”），文化上多样的“神树”涉及到“龙神”、“地神”、“山神”、“白马神”、“羊神”、“牛神“、“药神”、“花神”、和“庙神”等；“神树林”也包含了丰富的文化内涵。

传统节日：丰富多彩的彝族传统节日是当地彝文化的一大特色，在多样的彝传统节日中，包含了大量植物崇拜的内涵，如每年农历二月八大姚县彝族的“插花节”、楚雄紫溪山周边地区彝族的“马缨花节”；三月三武定县白路乡一带彝族的“马缨花节”；六月二十四全州彝族的“火把节”；六月六南华县彝族的“杨梅节”等等。这些彝传统节日是彝族崇拜植物的直接反映。

民族习俗：楚雄彝族多样的民族习俗和植物的文化信仰紧密相联，如每逢喜事之日（如婚、丧、节日等）要“撒松针”、用青冈栎“搭青棚”；春节来临之日栽“天地树”；新生女婴出生时栽“花树”（或果树）；常年堂上供放侧柏（*Platycladus orientalis*）的枝叶，喻示家庭四季常青、永不衰落；茶花被视为“佛花”，是爱情的象征；马缨花象征着吉祥等。

楚雄彝族传统的植物文化不仅反映了丰富的文化内涵，而且表现了丰富的生物多样性。根据作者的记录，21种植物在不同地区受到当地彝族的崇拜，这些植物及其文化意义被编目（表1）。此外，相当可观的“神树”在物种的水平上包含了多样的植物种类，仅仅在红墙彝族行政村，作者记录了103棵“神树”和53个（大约10多 hm^2）“神树林”森林块，这些“神树”分属20个种、9属、7个科。不同地区的“神树林”林块涉及到常绿阔叶林、针一阔混交林，由于其面积、组成和结构的差异，形成了多样的植物群落。

表1 楚雄彝族文化中植物多样性编目及其文化内涵

种类	拉丁名	文化内涵	地 区
马缨花	*Rhododendron delavayi*	被看作是彝祖或彝祖的"恩人";"花神"或"送子神"	整个楚雄州
大白花杜鹃	*Rhododendron decorum*	被看作是彝族的祖先或彝祖的"恩人"	大姚县、紫溪山及其周边地区
葫芦	*Lagenaria siceraria*	被看作是彝族祖先的摇篮或彝祖的"恩人"	南华县、大姚县部分地区
紫竿玉山竹	*Sinarundinaria violascens*	被看作是彝族的祖先或彝祖的"恩人"	武定县、禄丰县部分地区
云南箭竹	*Fargesia yunnanensis*	被看作是彝族的祖先或彝祖的"恩人"	双柏县、紫溪山及其周边地区
垂柳	*Salix babylonica*	被看作是彝族的祖先或彝祖的"恩人"	紫溪山及其周边地区
云南柳	*Salix cavaleriei*	被看作是彝族的祖先或彝祖的"恩人"	紫溪山及其周边地区
云南松	*Pinus yunnanensis*	被看作是彝族的祖先或彝祖的"恩人"	紫溪山及其周边地区
侧柏	*Platycladus orientalis*	被看作是彝族的祖先或彝祖的"恩人";吉祥的象征	双柏县、紫溪山及其周边地区
油杉	*Keteleeria evelyniana*	被看作是彝族的祖先或彝祖的"恩人";棺材的指定用材	双柏县、紫溪山及其周边地区
青冈栎	*Cyclobalanopsis glaucoides*	被看作是彝族的祖先或彝祖的恩人;送葬、驱鬼的特别材料	整个楚雄州
马桑	*Coriaria sinica*	被认为是天与地的通道、巫师与神的桥梁	整个楚雄州
米饭花	*Lyonia ovalifolia*	被认为是"鬼树",具有超自然的力量	紫溪山及其周边地区
云南山茶花	*Camellia reticulata*	被看作"佛花"或"神花",是爱情的象征	紫溪山及其周边地区
云南野山茶	*Camellia pitardii*	被看作"佛花"或"神花",是爱情的象征	紫溪山及其周边地区
棕榈	*Trachycarpus fortunei*	被看作是彝族的祖先或彝祖的"恩人"	紫溪山及其周边地区
云南樟	*Cinnamonmum glanduliferum*	被看作是彝族的祖先或彝祖的"恩人"	双柏县、紫溪山及其周边地区
桃树	*Amygdalus persica*	被看作为彝族祖先的"恩人"	紫溪山及其周边地区
梨树	*Pyrus* spp.	被看作为彝族祖先的"恩人"	紫溪山及其周边地区
核桃树	*Juglans regia*	被看作为彝族祖先的"恩人"	紫溪山及其周边地区
小漆树	*Toxicodendron delavayi*	被看作是"鬼树",具有超自然的力量	双柏县、紫溪山及其周边地区

4.2 不同管理模式下森林群落中物种多样性比较

在红墙行政村,考虑到相同(或相似)的植被类型(常绿针一阔混交林)、原生植被、海拔和坡向等,分别在不同管理模式下的森林群落进行取样,即白泥冲村的"神树林"、大龙滩

村的集体林和紫溪山自然保护区的核心地区——石笏居，对不同样方物种进行统计，并利用Shonan—Wiener 指数公式和均匀度计算公式对3个样方的植物多样性（D）和均匀度（J）进行计算，结果如表2所示。

表2 “神树林”、集体林和紫溪山自然保护区3个森林样地植物多样性比较

样方号	样方Ⅰ	样方Ⅱ	样方Ⅲ
地点	白泥冲村的“神树林”	大龙滩村的集体林	石笏居
样地面积	50×50=2 500（m^2）	50×50=2 500（m^2）	50×50=2 500（m^2）
海拔	1 985m	1 990m	2 010m
坡度	28	32	30°
坡向	西南（SW）	西南（SW）	南（S）
乔木种	28	15	22
灌木种	13	6	10
草本种	19	9	5
藤本种	3	1	2
蕨类种	4	3	5
种类总数	67	34	44
多样性指数（D）	2.96	2.39	2.17
均匀度（J）	1.82	1.54	1.51

4.3 植物崇拜对生物多样性保护和管理的影响

楚雄彝族的植物崇拜文化对当地的生物多样性保护和管理的影响表现在以下几个方面：在个体水平上，大量被看作“神树”的古树得以保存，甚至有的古树具有一定的科研价值；在物种的水平上，21种具有特别文化内涵的植物在不同的地区受到不同程度的保护，在这些被崇拜植物中有的是枝叶茂盛或能形成高大树木的乔木种（如：云南松、油杉、青冈栎等），有的是具有一定观赏价值的植物（如马缨花、大白化杜鹃、侧柏、棕榈和茶花等），有的是食用植物（如桃树、梨树和核桃树等）；在群落水平上，那些枝叶茂盛或能形成高大树木的乔木树种（如云南松、油杉、青冈栎等）在许多地方又是当地植物群落（常绿针—阔混交林）的建群种，客观上对稳定当地的植物群落具有不可或缺的作用，特别是被看作“神树林”的林块保存了当地大部分的物种，是当地天然的“种质资源保存库”。此外，这些“神树林”为当地的许多野生动物提供了惟一的栖息地。在我们的野外调查和民间访谈中，记录到有20多种野生动物（主要是哺乳类和鸟类）主要靠这些“神树林”作为栖息地而得以生存，其中，穿山甲（*Manis pentadactyla*）、小麂（*Muntiacus muntjak vaginalis*）、高原兔（*Lepus oiostolus*）、大蹄蝠（*Hipposideros armiger*）、赤腹桔鼠（*Collosciurus erythveaus*）、金鸡（*chryzolophus pictus*）、环颈雉（*Phasinaus colchicus*）和红腹锦鸡（*Chrysolophus emminckii*）等10多种野生动物属国家级保护动物。

5 讨论

5.1 楚雄彝族传统的植物文化在当地生物多样性保护中的作用和意义

本文研究可以看出：楚雄彝族传统的植物文化在当地村社水平的生物多样性保护和环境管理中，起着重要的作用。这是传统文化对环境管理和自然保护影响的典型例证。楚雄彝族传统的植物文化看起来只是一种文化现象，但实际上它是楚雄彝族先民们长期和周围环境中的植物相互依存的结果，对当今环境保护产生的客观效果，是彝族先民们长期的经验积累，也是彝族人民对当今生物多样性保护和管理的历史贡献。另一方面，在楚雄彝族传统的植物文化影响下，形成的村社水平参与性保护也正是当今生物多样性保护所需要的。

文化多样性保护是现代自然保护的重要内容，是当今生物多样性不可缺少的组成部分。然而，楚雄彝族传统的植物崇拜文化和世界许多传统文化一样正在丢失，特别在近40年来由于经济的发展和主流文化的影响，这种丢失的速度大大加剧（刘爱忠等，待发），如何有效地进行传统文化的多样性保护已是一个刻不容缓的议题。

此外，我们也应该看到楚雄彝族的植物文化对于当今的生物多样性保护和自然管理来说只是一种经验反映，有时也会产生一些负面作用，如每年春节前栽“天地树”的习俗破坏了一些云南松和华山松的幼树，客观上不利于当今的环境保护和管理。但总体而言，楚雄彝族传统的植物文化对当地生物多样性保护起着不可忽视的积极作用，对于当今的生物多样性的保护具有广泛的借鉴意义和实践价值。

5.2 传统文化在当今村社水平生物多样性保护和管理中的作用和意义

现代自然保护是一项全民性的宏伟事业，不仅需要政府的足够重视，而且需要公众广泛自觉的参与。特别是在我国，现阶段国家和社会均不能投入满足需要的资金用于现代自然保护，而且国民受教育的程度不高，尤其是那些和自然保护紧密相关的广大农村和少数民族地区，然而这些地区又是生物多样性相对集中的地区。面对这种现实，如果仅仅停留在通过法律、法规的强制作用和宣传教育的舆论作用的层面上，来要求公众参与自然保护，必将事倍功半（刘望德，1996）。因而挖掘各民族传统文化中各种对生物多样性保护有积极意义的公众信念和信仰，并将其发扬光大，无疑会加大各族人民自觉参与自然保护的程度。同时，现代自然保护的内容是多样的，这就决定了保护的形式也必然是多样的。此外，不同民族历史形成并运作千余年的信念和方式，深刻影响着人们的行为，特别是那些地理上封闭、文化相对落后的少数民族地区。从这些意义上来说，利用传统知识和文化信仰来增强当今自然保护是现代自然保护事业的合理途径之一。

人类在长期和自然做斗争的过程中，怎样做到人和自然的和谐统一，积累了丰富的经验，这些经验充分地反映在传统文化上。我国民族众多，历史悠久，各民族传统文化相当丰富，因此，利用传统文化为现代自然保护服务完全成为可能。此外，广大农村和少数民族地区往往是生物多样性和文化多样性相当丰富的地区，保护当地的生物多样性符合当地人民的利益。因此，无论从文化上还是长远利益上都会得到公众的理解与支持，从这个意义上来说，充分利用传统文化服务于现代自然保护具有很大的可行性。

然而，如何在当今生物多样性保护和管理的实践中，利用我国丰富的传统文化为村社水平的生物多样性管理和保护服务，正是一个值得深究的议题，也是我国现阶段生物多样性保

护值得思考的途径之一。

参考文献

王丽珠. 1995. 彝族祖先崇拜研究. 昆明：云南人民出版社，2～7

龙春林，王洁如. 1993. 基诺族的林地管理与生物多样性. 见：吴征镒（主编）. 云南生物多样性学术讨论会论文集. 昆明：云南科技出版社，189～194

龙春林，王洁如. 1994. 民族植物学——社会及文化价值初探. 植物资源与环境，3（2）：45～50

刘宏茂，许再富，陶国达. 1992. 西双版纳傣族"龙山"的生态学意义. 生态学杂志，11（2）：41～43

刘望德. 1996. 引用宗教是保护好野生动植物的有效途径. 生物多样性，4（2）：123～124

许再富，刘宏茂. 1995. 西双版纳傣族贝叶文化与植物多样性保护. 生物多样性，3（3）：174～179

吴仁. 1992. 苗族文化风情. 北京：新华出版社，38～39

张新时. 1995. 对生物多样性的几点认识. 见：中国科学院生物多样性委员会、林业部野生动物和森林植物保护司（编）. 生物多样性研究进展：首届全国生物多样性保护和持续利用研讨会论文集. 北京：中国科学技术出版社，10～12

郭玲，许再富. 1990. 西双版纳热带季雨林植物种类多样性的一种研究方法. 生态学杂志，5：61～62

彭少麟，王伯荪. 1983. 鼎湖山森林群落数量分析——物种多样性. 生态科学，（1）

Arizpe, L. 1996. Culture and environment. Nature & Resources, 32（1）：1

Changkija, S. 1996. Ethnobotanical folk practices and beliefs of the Ao—Nagas in Nagaland, Indian Ethnobotany, 8：26～30

Dasmann, R. F. 1995. The Importance of Cultural and Biological Diversity：Culture, Conservation and Ecodevelopment. Boulder, San Francisco, Oxford：Westview Press, 9～15

Gadgil, M. & V. D. Vartak. 1974. The sacred groves of western ghats in India. Econ. Bot., 30（2）：152～160

Kumbhojkar, M. S., A. S. Upadhye & D. K. Kuikarni. 1996. Religious forest patches among mahadeo koli tribal localities——social, cultural and environmental relationship. In：Jian, S. K.（ed.）. Ethnobotany in Human Welfare. New Delhi, 349～351

Lebbie, A. R. & R. P. Guries. 1995. Ethnobotanical value and conservation of sacred groves of the Kpaa Mende in Sierra Leone. Econ. Bot., 49（3）297～308

McNeely, J. A. 1995. The interaction between biological diversity and cultural diversity. Paper presented at the international conference on indigenous people, environment and development held in Zurich on 15～18 May, 1～15

Pei, S. J. 1985. Some effects of the Dai People's cultural beliefs and practices upon the environment of Xishuangbanna, Yunnan, China. In：Hutterrer *et al.*（eds.）. Cultural Values and Human Ecology in Southeast Asia. Ann. Arbor：The Univ. of Michigan, chapter 13：321～339

Ramakrishnan, P. S. 1996. Conserving the sacred：from species to landscapes. Nature & Resources, 32（1）：11～19

Sinha, R. K. 1996. Conservation of cultural diversity of indigenous people essential for protection of biological diversity. In：Jain, S. K.（ed.）. Ethnobotany in Human Welfare. New Delhi：Deep Publications, 280～283

Upadhye, M. S., M. S. Kumbhojkar, and D. K. Kulkarni. 1997. Ethno—medico—botany of some sacred plants of Western Maharashtra. Ethnobotany, 9：65～68.

THE PLANT CULTURE OF YI PEOPLE AND LOCAL BIODIVERSITY CONSERVATION IN CHUXIONG, YUNNAN

Liu Aizhong, Pei Shengji, Chen Sanyang
(Kunming Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204)

The culture diversity has a significant impact on biodiversity conservation and management. Based on a community-based study, an extensive field survey and folk interviews, the culture of the Yi people in Chuxiong, Yunnan, was found to be in close context of cultural diversity and biological diversity. The effects and impacts of the Yi culture of utilizing plants upon local biodiversity conservation and management were highlighted in the present paper. The significance of practising indigenous culture during present nature conservation was discussed.

Key words: Chuxiong, Yi people, Plant culture, Biodiversity conservation

运用傣族的传统信仰保护西双版纳植物多样性的探讨*

刘宏茂　许再富　段其武

（中国科学院西双版纳热带植物园，云南省勐腊 666303）

摘要　探讨不同的途径来保护日益减少的生物多样性已成为国际社会关注的一个热点。研究证明依靠西双版纳傣族传统信仰文化而建立的龙山林与寺庙庭园，就像一些小保护区和小植物园一样在植物多样性的保护中发挥了重要作用。在此基础上，本文探讨了在人口增加、森林减少和生活方式发生一定改变的今天通过成立宗教植物保护协会来运用信仰的力量参与生物多样性的管理，通过多层次培训教育提高公众的保护意识与技能，通过示范来鼓励土著民族参与等多种方法来保护该地区生物多样性的途径，收到了良好的效果。

关键词　西双版纳　傣族传统信仰　龙山林　寺庙庭园　植物多样性

1　前言

运用多样化的措施来保护与持续利用地球上日益消减的生物多样性已成为人们所共同关注的论题。除建立自然保护区外，尊重和运用土著民族的与生物多样性有关的传统知识与做法也已成为管理现存的生物多样性的一个重要手段。

西双版纳由于其特殊的地理位置、复杂的地形地貌和优越的气候条件，发育与形成了丰富的植物多样性，在这片面积仅占国土面积1/500的土地上，有高等植物5 000多种，占全国植物种类的1/6。该地区又是一个多民族居住的地区，傣族是主要的土著民族。在长期的生活与生产实践中，各民族人民积累了丰富的利用与保护植物资源的经验并形成了他们的传统文化。傣族的先民信奉原始多神教，现在全民信奉小乘佛教，两者相互影响，形成了傣族独特信仰文化。傣族信仰的原始多神教与小乘佛教与植物都有密切关系。在美国福特基金会的支持下，中国科学院西双版纳热带植物园开展了“西双版纳傣族传统信仰文化——龙山林与寺庙庭园植物恢复研究与示范”并取得了良好的效果。

2　傣族的传统信仰与植物多样性保护

傣族的先民信奉原始多神教，后来全民信奉小乘佛教，但两者相互影响，共同存在并都

* 美国福特基金会资助项目，参加工作的还有崔景云、许又凯、岩坎拉和聂泽龙等。

与植物多样性有密切关系。

2.1 原始多神教与生物多样性的保护

在小乘佛教传入西双版纳之前，傣族的祖先信奉原始多神教。他们认为“神”是万能的，世间一切事物都是“神”控制的。人活着有身躯和思想，人死后也会有灵魂。虽然现在傣族全民信奉小乘佛教，但原始多神教的思想仍存在于现在的信仰之中，而且许多原始多神教的遗迹仍有保留，“龙山”林就是其中一例。

“龙山”林是原始多神教的遗迹。傣族认为，“龙山”是神居住的地方，在这个地方的动植物都是神的伴侣，是神的家园里的生灵，它们是神圣不可侵犯的。因此，在“龙山”林中砍伐树木、猎捕动物和开垦土地都是严格禁止的。现在在西双版纳还保留400个左右的“龙山”(Pei shengji，1983)，它们在西双版纳的植物多样性与地区性环境保护中发挥了重要作用。

一是保护了西双版纳的植被多样性。西双版纳发育了多样的热带植被，但是由于人口的增加，经济的发展，许多自然植被都被农用地和经济植物种植园所取代，森林覆盖率由50年代的60%减少到现在的30%左右。分布在海拔800～900m 低丘山地上的以箭毒木（*Antiaris toxicaria*）、龙果（*Pouteria grandifolia*）为标志的热带干性季节性雨林完整的原始森林仅只存在于一些村寨附近的“龙山”（吴征镒，1987），其余的都因开垦而被经济植物种植园所取代。因此，没有“龙山”林的存在，在西双版纳很难有热带干性季节性雨林的存在。

二是保护了植物物种多样性。尽管目前“龙山”林零散分布于西双版纳各地，而且每个“龙山”的面积也不大，但是在其中还是保存了许多植物种类。根据在5个“龙山”中的样方（每个样方面积为1 500m^2）调查，在每个样方内有高等植物100种以上，其物种数量与多样性指数与自然保护区相同面积的样方内的植物种数量及多样性指数相近（刘宏茂等，1992）。而且在“龙山”林中存在的植物中有11种是国家重点保护植物，如大叶木兰（*Magnolia henryi*）、箭毒木、天料木（*Homalium laoticum*）等，还有些是西双版纳的特有种，如车里扑（*Polyanthia cheliensis*）、勐仑琼楠（*Beilschmiedia brachythyrsa*）等。

三是在西双版纳的自然保护系统中发挥了“踏步石”的作用。西双版纳现有自然保护区面积$2.4\times10^6hm^2$，占总面积的约12%，但这些保护区都被村社、农田和经济植物种植园所隔离并形成一个个“绿岛”，物种之间的交流较困难，而分布于该地区各地面积不等的“龙山”林除本身对植物多样性的保护外，如“踏步石”一样分布于西双版纳自然保护区之间，这样有利于保护区之间物种基因的交流进而提高整个保护系统的保护效果。

2.2 小乘佛教与植物的关系

佛教传入西双版纳已有悠久的历史，由于缺乏可靠的资料而说法较多，根据民间保存的傣文资料则认为是公元前3～4世纪传入西双版纳（王懿之，1990）。现在傣族已全民信奉。传统上，一个村寨必须有一个缅寺。根据佛教的规定，建一个缅寺必须具备以下条件：释迦牟尼像、不少于5个和尚和一些与佛教有关的植物。为了种植这些植物，每一个缅寺周围有一个寺庙庭园。据研究与宗教有关的植物有91种。这些植物可分为以下几类（许再富等，1995）：

佛主植物。根据佛经记载，在佛教历史上共有28代佛主，释迦牟尼是第二十八代佛主。每一代佛主都成佛于一种特殊的树下，这在傣族经书中有专门记载。据研究和鉴定，共有21种植物是佛主的“成道树”，其中有些佛主成佛于相同的树下。

佛寺的用材植物。西双版纳用于建筑的木料树种有70多种，对于佛寺建筑的用材尤为考究，要求坚硬、笔直和耐久等，而对雕刻佛寺中各种菩萨、神兽和神器的木材还要求不翘、不

裂和不变形。利用的木材主要有柚木(*Tectona grandis*)、毛麻楝(*Chukrassia tabularis* var. *velutina*)、山白兰(*Paramichelia bailonii*)和树菠萝(*Artocarpus heterophylla*)等。

赕佛活动的植物。在西双版纳每年的宗教活动有十多次，都是围绕着赕佛。赕佛活动需要一些植物种类，包括赕佛灯的油来自铁力木(*Musua ferrea*)和石栗(*Aleurites moluccana*)等，浴佛的香料用樟树的一些种类的木材和其他一些特殊的植物煮水。在赕佛时还需要许多鲜花、水果等。此外，在佛寺庭园中还栽培许多观赏植物用于美化佛寺环境。

因此，佛寺庭园就像一个个小植物园一样栽培了多样的植物种类，而且其中的植物都得到了严格的保护，特别是一些佛树。

3 傣族传统信仰在植物多样性保护中的运用

如上所述，傣族的传统信仰与植物多样性有密切的关系并在地区性的植物多样性保护中发挥了重要作用。然而，由于人口的增加、环境的退化和现代文化的冲击，加上一度把传统文化当成“迷信”而破除，虽然现在西双版纳傣族都信仰小乘佛教，但是其中的许多民族植物文化内涵已被一些人所遗忘，特别是年轻一代。现在在西双版纳有佛寺547座，即有547个佛寺庭园，有面积不等的“龙山”400个左右，充分发挥这些小植物园和小自然保护区的作用对于该地区生物多样性及生态环境的保护将发挥重要作用。在遵守国家和地方法规的基础上，为保护和发扬傣族与植物多样性密切相关的传统信仰知识和做法并促进其在新形势下的运用，我们进行了以下的探讨。

3.1 成立宗教植物保护协会。西双版纳有完整而系统的佛教管理体系，其机构设置与行政机构非常一致并且具有上级对下级的领导作用。在西双版纳首府（召片领所在地）设有总佛寺，它是佛教中心，每个版纳（共12个版纳）有一个版纳总寺，在每个勐（36个勐）有一个勐总寺，最基层的是村寨佛寺。依靠完整的佛教管理系统，在西双版纳总佛寺这个佛教中心建立民间的宗教植物保护协会，同时在所辖的县成立分会，所有愿意参与生物多样性及其环境和传统文化保护的人都可以成为协会的成员，协会还制定了自己的章程。协会的主要任务是开展“龙山”林和佛寺庭园植物的示范，唤起人们热爱自然、保护自然的生态意识；尊重、保存和维护土著居民和地方社区体现传统生活方式与生物多样性以及持续利用相关的知识，促进这些知识的收集与整理；组织多种语言文字的科普读物并开展多层次的公众培训教育。该协会的成立得到了社会各界的好评与支持。成立一年多来，已发展会员300多人并组织了一系列的活动。

3.2 多层次的培训教育。尽管傣族的传统信仰与植物多样性有密切关系，但是，有些被遗忘特别是年轻一代。为保存这些优秀的传统文化并发挥它们的作用，开展了多层次的培训教育。一是利用总佛寺和位于总佛寺的佛教学院培训各县的佛教管理人员、主要佛寺的主持和佛学院的学生；二是依靠各分会，培训各县主要佛寺的骨干和一些佛教管理人员；三是把示范与培训相结合，培训示范村和邻近村寨的村民和宗教人员。为提高培训的效果，西双版纳热带植物园的科技人员和佛教人员从众多的传统歌谣、传说、诗歌和文献中收集和整理了有关传统信仰与植物多样性关系的资料并编印成册。培训的内容包括传统信仰与植物多样性的关系及其在环境和生物多样性保护中的作用，与传统信仰有关的植物的鉴定与辨认及其栽培管理技术。通过培训，一是提高了土著居民对自己传统文化的作用的认识，增强了保护传统文化的信

心；二是学到了栽培管理植物的一些技术如嫁接、移植和管理，并且这些技术还能在生产实践中所运用。此类培训班已经举办了30次，有1 240多人次参加了培训。

3.3 “龙山”林与寺庙庭园植物恢复示范。在教育培训的基础上，6个“龙山”林和6个寺庙庭园选作为恢复的示范点。通过科学的引导与社区的参与，“龙山”林与寺庙庭园植物得到了较好的恢复。如勐仑镇曼俄村的“龙山”林，其面积为5m²左右，植被为热带干性季节性雨林。由于历史的原因，虽然“龙山”依然存在，但其中的热带森林已受到严重的干扰而且明显退化，雨林成分中有52.8%的种类处在衰退状态（刘宏茂等，1993）。在培训教育的基础上，通过建立围栏减轻干扰、清除一些经济植物和先锋树种以减少竞争、引进热带雨林成分以实现种群增援的方法并通过近5年的努力，使得“龙山”中的热带森林得到了较好的恢复，衰退种群由原来的52.8%减少到43.6%。又如西双版纳总佛寺由于历史的原因，在60、70年代全被破坏，80年代初起总佛寺开始恢复一些佛教活动所并具有一个面积达5hm²的寺庙庭园，在其中也栽培了一些宗教植物如贝叶棕（*Corpha umbraculifera*）、菩提树（*Ficus regilosa*）等，但是种类非常有限，宗教人员知道一些佛教与植物的关系也想在其中恢复这些植物，但是他们不知道植物的种类。通过西双版纳热带植物园的科技工作者与佛教人员的合作，现在该佛寺庭园中与宗教有关的植物种类已增加到81种，包括28代佛主的成佛树、“五树六花”、佛教礼仪植物和佛寺美化植物等。在这些植物中，有些是我国的重点保护植物，如铁力木，其种子油用做佛灯的灯油，木材用于雕刻佛像等，是国家二级重点保护植物；云南石梓（*Gmelina arborea*）的木材用于佛寺建设也是国家重点保护植物。这些植物的恢复不仅保护了植物多样性，而且也改善了佛寺园林景观，美化了环境，陶冶了人们的情操。

4 结 语

人类文化的多样性很大程度上是依赖于生物多样性。由于西双版纳丰富的生物多样性，长期生活在该地区的傣族依靠丰富的生物多样性形成了他们独特的民族森林文化，这些传统文化在生物多样性的保护中也发挥了重要作用，本文所涉及的“龙山”林与寺庙庭园植物只是其中的例子。我国是一个多民族聚居的国家，各民族在其一定生活区域内依靠该地的资源特别是生物资源形成了他们多样化的民族传统文化。现存的生物多样性也主要分布在土著民族聚居的地区，因此要有效地保护我国现存的生物多样性，除了政府采取的各种措施外，土著民族传统的与生物多样性保护与持续利用有关的生活方式及文化必须得到尊重与运用。但是这些方法及经验都是在过去人口少、生产力水平低和生物多样性较丰富的前提下形成的，在当今人口增加、生物多样性减少和环境退化的形势下，在运用传统经验与做法同时还必须与现代科学技术相结合，否则，很难发挥传统知识在生物多样性保护中的作用，而且传统文化也难以得到有效保护。

参考文献

吴征镒（主编）.1987.云南植被.北京：科学出版社，116～130

刘宏茂，许再富等.1992.西双版纳傣族龙山的生态学意义.生态学杂志，11（2）：41～45

王懿之.1990.西双版纳小乘佛教历史考察，贝叶文化论.昆明：云南人民出版社，407～424

许再富，刘宏茂. 1995. 西双版纳傣族贝叶文化与植物多样性保护. 生物多样性，3 (3)：174～179
刘宏茂，许再富. 1993. 龙山林的不同状况与植物多样性变化. 热带植物研究论文报告集. 昆明：云南大学出版社，(2)：32～37
Pei Shengji. 1983. Some effects of the Dai People's cultural beliefs and practices upon the environment of Xishuangbanna, Yunnan, China. In: Hutterrer, K. L., A. T. Rambo, G. Lovelace (eds.). Cultural Values and Human Ecology in Southeast Asia, The Univ. of Michigan, Nov. 27, USA.

AN APPROACH TO CONSERVE PLANT DIVERSITY THROUGH THE DAI'S TRADITIONAL BELIEFS IN XISHUANGBANNA, SOUTH YUNNAN

Liu Hongmao, Xu Zaifu, Duan Qiwu
(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Mengla, Yunnan 666303)

As there is a rich biodiversity in Xishuangbanna, Southern Yunnan, the Dai people living there have developed their own traditional beliefs which have played an important role on the biodiversity conservation. Holy Hill forest, the reminders of the Polytheism believed by the ancestor of the Dai people, have played an important role on the conservation of vegetation diversity, plant species diversity and regional environment. There are 91 plant species related to Buddhism, which are planted in the temple garden. Therefore, the temple gardens are actually functioned as small botanical gardens and have made great contribution to the conservation of plant diversity and introduction of plants. Based on the study of the relationship between the traditional beliefs including Polytheism and Buddhism and the plant diversity, the application of the traditional beliefs in the conservation of plant diversity in the modern society has been formulated in this paper.

Key words: Xishuangbanna, Dai traditional beliefs, Holy hill forests, Religious plants, Plant diversity

中国海洋生物多样性保护现状及国际合作前景

王　斌
（国家海洋局办公室，北京 100860）

摘要　本文全面介绍了中国海洋物种多样性及其利用现状，以及生态系统多样性现状，并分析了海洋生物多样性所受到的人类影响和主要威胁。文中详细阐述了有关部门在海洋生物多样性保护管理中制定的有关政策、法规及行动计划，以及海洋生物多样性的科学调查研究海洋生态环境监测体系建设、海洋自然保护区的建设与管理、海洋生物多样性可持续利用等方面的工作进展。同时，分析中国沿海周边国家、发达国家及国际组织在海洋生物多样性保护方面与中国的合作前景，提出了若干合作领域优势。

关键词　海洋生物多样性　保护管理　国际合作

海洋是生物多样性的宝库，其物质表现是海洋生物资源，它们具有现实或潜在的价值，首先它是人类重要的食物来源，每年为全球人类提供了22%的动物蛋白，此外许多海洋生物还具有重要的药用及工业价值。因此，海洋生物多样性是人类生存与可持续发展的重要物质基础和实现条件之一，保护海洋生物多样性就是保护海洋生物资源和人类的生存环境（王斌，1996）。中国海域辽阔，海岸线漫长，其海洋生物多样性在世界上占有重要地位（陈清潮，1996）。

1　中国海洋生物多样性现状

1.1　海洋物种多样性及其利用

中国海域现已记录物种20 278个，隶属于44门，其中鱼类占世界总数的14%，蔓足类占24%，昆虫占20%，红树植物占43%，海鸟占23%，头足类占14%，造礁珊瑚物种约占印度——西太平洋区系总数的1/3。中国海洋生物中有许多是中国特有种或世界珍稀物种，如国家一级保护动物中华鲟（*Acipenser sinensis*）、库氏砗磲（*Tridacna cockiana*），以及鹦鹉螺（*Nautilus pompilius*）、绿海龟（*Chelonia mydas*）等等。中国丰富的海洋生物多样性不仅具有世界范围内重要的自然保护价值，更是中国人民千百年来长期开发利用的重要自然资源。

中国海洋生物多样性具有以下特点：物种数由北向南递增；中国海域是西太平洋某些温水种分布的南界，也是许多暖水种分布的北界；由于黑潮暖流使得许多暖水种分布的界限北移；海洋物种总数虽然比陆上少，但是门类却比陆地多，有12个门为海洋生物所特有（黄宗

国，1994）。

中国海洋生物资源的主要利用方式是海洋水产。目前中国海洋年捕捞量近1 200万 t，主要海洋经济鱼类20多种。此外还有庞大的海水养殖产业，年产量达1 280万 t。中国的海洋水产量多年位居世界第一，海洋水产业为中国提供了近千万人的就业机会（中国自然资源丛书编撰委员会，1995）。

就基因多样性而言，由于海洋生物生活习性独特，其基因表达物包括多种特殊的生理活性物质，目前从海洋生物中已获取了数以万计的天然化合物，它们具有重要的药物、保健、食品及工业利用价值。

1.2 海洋生态系统多样性

中国海域拥有4个大海洋生态系统，即渤海、黄海、东海和南海大海洋生态系，此外还有独特的海岸生态系统和海岛生态系统。从类型上分，主要有滨海湿地生态系统、珊瑚礁生态系统、上升流生态系统和深海生态系统。

滨海湿地生态系统主要包括盐沼生态系、河口生态系和红树林生态系。海岸盐沼位于海陆相互作用的地带，生态环境复杂，生物多样性丰富，也是进行海水养殖的主要区域。盐沼生态系主要由芦苇等多种盐生草本植物，以及大量的潮间带底栖生物组成，为众多的候鸟提供了食物和栖息地，中国海岸线是东亚候鸟最重要的迁徙路线之一。中国有近1 500条大小河流注入大海，众多的河口生态系拥有丰富的生物多样性，同时具备了若干淡水类型、海洋类型及河口区特有的物种，如白鲟（*Psephyrus gladius*）、中华绒螯蟹（*Eriocheir sinensis*）等，还是许多溯河物种的主要洄游通道或短暂停留地，很多重要经济动物将河口区作为产卵繁育地。红树林分布在中国南部海岸，有真红树植物26种，占世界总数的60%，半红树植物有11种。红树林生态系中生物多样性十分丰富，具有很高的生物生产力，是许多经济动物的繁殖和栖息地，同时具有重要的海岸防护作用。

珊瑚礁生态系统分布于中国南海，珊瑚礁以造礁石珊瑚为主，其生物多样性极为丰富，各种海绵动物、腔肠动物、软体动物、甲壳动物及棘皮动物共同组成一个复杂而脆弱的生态系统（邹仁林，1995）。海洋上升流生态系统主要位于中国东南海域，由地形、风漂流或水团边界等多种成因，由于底层营养物质上升，导致其初级生产力较高，常常形成主要渔场区，其生物多样性指数高于邻近海域。深海生态系统分布在中国东海和南海的海槽或深海盆中，主要有一些微生物和构造特别的动物，生物多样性较为贫乏。

1.3 海洋生物多样性面临的威胁

由于人类对海洋资源的开发利用强度日益加剧，中国海洋生物多样性已经受到各种威胁，主要包括以下方面：

过度捕捞 当前海洋捕捞船只急剧增加，捕捞手段日益完善，造成渔业资源急剧衰减或枯竭，许多优质品种无法再形成渔汛。而且，浪费性捕捞和副渔获物使得许多珍稀海洋生物遭受巨大破坏，底层拖网、毒鱼或炸鱼等方式严重影响了海洋生态环境。

生境丧失 主要由滩涂围垦、海洋及海岸工程或人工构造物、以及航道疏浚等活动造成。这些活动重则使海洋生境彻底丧失，轻则使海洋生物的正常活动受到严重干扰。如中国红树林分布面积由于围垦就减少了2/3，许多洄游鱼类的生活史受到航道工程的影响。

环境污染 主要由于陆源污染物的排放、直接向海洋倾废或排污、以及海洋石油开采或航运溢油等造成。污染物使得海洋生物被毒死或受到伤害，有的则影响其正常繁殖或导致有害

的基因突变。

生态人侵　由于远洋船只携带或盲目引进外来种，导致本地海洋生态系统受到影响，许多原有物种因被排挤而消失。例如福建海域发现一种原产南美洲的沙筛贝（*Mgtilopsis sallei*），它占据了海岸基岩及养殖设施的表面，不仅使得当地的附着生物全部消失，还因争夺饵料使人工养殖的各种贝类产量下降。

海水养殖单一化　盲目发展的单一海洋养殖品种，不仅占据了大量野生海洋生物的栖息地，还因饵料分解造成了海域富营养化直至赤潮发生，进而造成大批海洋生物死亡。此外，高密度养殖的单一品种，往往造成大规模病害的流行。

2　中国的海洋生物多样性保护

2.1　保护政策及行动计划

中国政府历来重视海洋生物多样性保护工作。中国率先批准了《生物多样性公约》，并编制了执行该公约的《中国生物多样性保护行动计划》。作为《联合国海洋法公约》缔约国之一，中国坚决履行开发利用和养护管辖海域及公海生物资源的权利和义务。《中国21世纪议程》中特别强调“在维持海洋生物多样性的同时提高沿海居民的生活水准”（国务院，1994）。

中国政府制定了许多有关保护海洋生物多样性的法规，主要有《海洋环境保护法》、《野生动物保护法》、《渔业法》、《自然保护区条例》、《海洋自然保护区管理办法》等等。此外，在海洋生物多样性保护管理工作的具体方面，还制定了《红树林生态系保护管理办法》等。

中国在海洋生物多样性保护方面编制了多个行动计划，有的已开始逐步实施。如《中国海洋21世纪议程》中专有一章为“海洋生物资源保护和可持续利用”，还编制了《中国海洋生物多样性保护行动计划》、《中国湿地保护行动计划》等等。

2.2　科学调查研究与生态环境监测体系建设

中国政府重视海洋生物资源的调查研究，半个世纪以来，中国进行了多次大规模的海洋综合调查，如“全国海洋综合调查（1958～1960）”，“全国海岸带和滩涂资源综合调查（1980～1985）”，“全国海岛资源调查（1989～1993）”以及“南海诸岛及其邻近海区综合科学调查（1988至今）”等。通过这些调查工作，陆续发现了许多海洋新物种和新记录。

中国学者对中国海洋生物绝大多数类别都进行过分类学研究，在藻类、甲壳类、贝类、鱼类等领域的研究尤为全面和深入，涵盖了遗传学、生理学、生态学等多种学科。特别是对许多海洋经济生物，例如对虾、海带及多种经济鱼类的研究尤其详尽。1990年组织全国海洋生物学家对中国海洋生物种进行了系统研究，出版了《中国海洋生物种类与分布》一书。

中国的一些海洋科研机构已经建立了若干海洋生态环境监测台站，如对大连湾、胶州湾、厦门附近等海域都进行了定期的海域生态监测。目前，以国家海洋局为组织单位的全国海洋生态环境监测网络正在建设之中，该网络将在中国管辖海域有代表性的海区，选择一些典型生态系统设立监测点，常年定期监测这些海域的生态系统状况，包括物种组成及分布变化、生物量、受人类活动影响程度等等多项海洋生态学指标。从而为全面了解中国海洋生态环境现状及趋势，进一步制定并实施管理措施奠定基础。

2.3　海洋自然保护区建设及管理

中国已经建立了较为完善的海洋自然保护区体系，目前由国家海洋局及其他涉海部门建

设并管理的海洋自然保护区已有60多处，其中国家级保护区有18处。这些自然保护区涵盖了中国海洋主要的典型生态类型，保护了许多珍稀濒危海洋生物种。

中国海洋自然保护区的建设和管理已经具备了一整套系统而完备的体制，从自然保护区的规划、论证、审批到机构建设、人员培训、科研教育都有一系列的规章制度。在保护区的各项管理工作中，相应制定了各种技术规范和标准，包括保护对象、类型及分级等都有严格的管理技术标准。

中国各个海洋自然保护区在资金短缺、装备落后等不利条件下，坚持以自然保护为宗旨，深入开展了各项管理工作。这些保护区在完善管理机构、健全管理体制、强化保护区的监察执法等方面进行了扎实有效的工作，同时，在保护区规划发展、监测科研、宣传教育、国际合作等工作中也完成了大量工作，取得了明显成效。

2.4 海洋生物多样性可持续利用进展

中国已经将海洋生物多样性资源的可持续利用作为海洋开发的基本政策之一，尤其是海洋水产资源方面。中国制定了《渔业法》并组建了海洋渔政海监执法队伍，对中国管辖海域的渔业资源的捕捞、养殖及生产加工进行依法管理，控制捕捞强度及时期，促进渔业资源的恢复和可持续利用。此外，加强了海水养殖环境容量和潜力分析研究，建立养殖优化模式和示范区。

在中国沿海许多地方，建立了“科技兴海”示范区，大力推广海水生态养殖技术，通过符合自然生态系统物质循环及能量流动的养殖方式，减少饵料投放并防止海水富营养化，保存生物多样性且减少病害发生。一些海洋自然保护区也利用自身优势，开展了相应的生态养殖工程或生态旅游活动，一方面保护了区域生物多样性，另一方面又缓解了保护区自身的资金紧张，达到“以区养区”的目的。

需要特别指出的是，目前国家海洋局正在筹建一批海洋特别保护区，这些特别保护区是根据当地海域的生态环境、生物与非生物资源以及开发利用等的特殊性和突出的自然与社会价值而选划的。对于这些保护区，将实施特定的保护与开发措施，强调开发利用要与自然保护协调一致，并保证生物资源得到科学、合理、永续地利用，以充分发挥海洋空间、资源和环境的最佳综合效益（鹿守本，1997）。

3 中国海洋生物多样性保护的国际合作前景

3.1 国际合作现状

当前，海洋生物多样性已成为国际合作的热点之一，为了合理保护及其持续利用，必须加强国家、政府部门和非政府组织之间的国际、区域和全球性合作。中国已经在海洋领域同许多国家和国际组织进行了广泛的合作，其中许多项目都涉及到海洋生物多样性的调查研究。如“中日东海特定海区河流入海环境负荷及其对海洋生态系的影响合作调查研究项目（1996至今）”，“中德底栖小型多毛类合作研究（1987～1989）”，“中加海洋生态系围隔实验技术合作研究（1986～1988）”等。

在海洋自然保护区领域，目前中国与美国的三对保护区已经建立了姊妹保护区关系，它们是广西山口红树林自然保护区和佛罗里达州鲁克利湾国家河口研究保护区、海南三亚珊瑚礁自然保护区和佛罗里达州群岛国家海洋保护区，以及天津湿地与古海岸自然保护区和切萨

皮克湾河口研究自然保护区。在海洋生态系保护方面，与美国、韩国等国家合作，编拟了《黄海大海洋生态系保护行动计划》，该项目已获得全球环境基金（GEF）的资助。由国家海洋局牵头的“南中国海沿海生物多样性保护项目”也于近期获得了联合国开发计划署（UNDP/GEF）的批准资助。

3.2 开展沿海周边国家之间的区域合作

中国沿海周边国家大多是人口众多的发展中国家，近年来经济发展迅速，对海洋生物资源的开发也日益加剧，使得西太平洋海域的生物多样性受到很大破坏，海洋生态环境日益恶化。现在许多国家的海洋生物多样性，特别是各国的近岸及大陆架水域的生态系统，都不同程度地遭受损害，不仅野生生物资源减少或濒临灭绝，而且使渔业经济资源受到破坏，一些质量高、寿命长、个体大和营养层次比较高的种类所占的资源比例越来越低。因此，中国沿海周边国家在海洋生物多样性保护方面都面临着相似的问题和挑战，各沿海国都对其负有共同的保护责任。

中国愿意在海洋生物多样性保护领域与周边国家进行广泛的多边或双边区域合作，大家可就共同感兴趣的问题进行交流，并开展某些对双方都有利的项目。如国际水域或深海的海洋生物多样性调查研究是任何国家单方面都无力深入进行的，而利用国际合作项目的契机，则可以共同进行这方面的工作。还有其他许多有价值的工作，如跨国际鱼类资源的联合调查等都可以成为合作议题。作为发展中国家，周边国家在海洋生物多样性研究与保护工作上大都面临着资金短缺、技术薄弱的问题，所以大家可以把有限的资金与技术力量集中起来，互通有无、互相帮助，交流经验技术，共同将海洋生物多样性保护好。因此，周边国家进行海洋生物多样性保护区域合作应成为大势所趋。

3.3 国际组织及发达国家在国际合作中的作用

当前，世界上已成立了许多有关海洋生物多样性研究与保护的国际组织，许多世界性或区域性的国际组织也涉入到海洋生物多样性保护与研究工作中来。目前，在东亚地区已经成立的地区性海洋合作组织包括亚太经济合作组织（APEC）中的海洋资源保护专题组；亚太地区海洋环境与海洋学研究工作组；政府间海洋学委员会（IOC）西太平洋分会等。当前一些重要的国际海洋联合项目都是由这类组织发起的，如政府间海洋学委员会提出了旨在建立管理海洋资源、保护海洋环境的全球海洋观测系统的GOOS计划，是迈向21世纪最重要的全球海洋调查研究计划。因此，这些国际组织应更加广泛地开展海洋生物多样性保护项目，并成为联络各有关国家共同参与的纽带，提供一些平等合作的论坛。

发达国家具备先进的科学技术和设备，以及雄厚的资金，有义务在国际海洋生物多样性保护中承担更多的责任，帮助发展中国家开展这方面的工作。发展中国家可以利用发达国家的资金技术条件，弥补相对落后的技术手段与资金不足，调查研究出独立工作无法得到的重要成果，从而提高全球海洋生物多样性保护水平。

3.4 若干优先合作领域

中国在海洋生物多样性保护领域进行国际合作，希望能开展对珊瑚礁等珍贵海洋生物多样性资源进行的调查研究，同时能广泛应用海洋环境遥感等高新技术手段，重点是建设海洋生态监测网络。具体的优先合作领域如下（国家海洋局，1996）：

（1）生物物种演替、营养层结构与自然补充量的动态变化；

（2）生物种群及群落结构与分布的时空变化特征；

(3) 海洋生态系统的结构功能以及海洋各级生产力的变化规律；

(4) 海洋环境因子变化与海洋生态系统动力学特征；

(5) 海洋生物多样性资源与环境的监测及信息系统；

(6) 研究海洋生物多样性持续利用技术（包括水产养殖、天然药物开发及生态旅游等），建设保护与持续利用示范区；

(7) 特定海域生物多样性的恢复生态学研究；

(8) 海洋生物多样性自然保护区的建设与管理研究。

中国希望能与各有关国际组织、发达国家及周边国家在上述海洋生物多样性保护与研究领域广泛开展各种形式的国际及区域合作。

参考文献

陈清潮. 1996. 中国海洋生物多样性的现状与展望. 生物多样性，4 (3)：21～27

国家海洋局. 1996. 中国海洋21世纪议程. 北京：海洋出版社

国家计划委员会，国家科学技术委员会. 1994. 中国21世纪议程——中国21世纪人口、环境与发展白皮书. 北京：中国环境科学出版社

黄宗国. 1994. 中国海洋物种的一般特征. 生物多样性，2 (2)：63～67

鹿守本. 1997. 海洋管理通论. 北京：海洋出版社

王斌. 1996. 生物多样性与人类可持续发展. 中国人口、资源与环境，6 (2)：8～10

中国自然资源丛书编撰委员会. 1995. 中国自然资源丛书·渔业卷. 北京：中国环境科学出版社

邹仁林. 1995. 中国珊瑚礁的现状与保护对策. 见：中国科学院生物多样性委员会等（主编）. 生物多样性研究进展. 北京：中国科学技术出版社，281～290

THE STATUS OF MARINE BIODIVERSITY CONSERVATION IN CHINA AND ITS PROSPECT OF INTERNATIONAL COOPERATION

Wang Bin

(Department of General Office, State Oceanic Administration, Beijing 100860)

The status of marine biodiversity including species diversity and ecosystem diversity and its utilization values, was presented comprehensively in this paper. The policies, laws, regulations, and action plans about protecting and managing the marine biodiversity formulated by the departments concerned were expounded in detail in this paper, as well as scientific investigations and research about marine biodiversity and establishment of monitoring system for marine ecological environment. In addition, the paper expounded the construction and management of marine nature reserves, as well as the sustainable use of marine biodiversity. Further-ly, the prospect of international cooperation for marine biodiversity conservation between China and neighboring countries, developed countries and international or-

ganizations, and some priorities of cooperation fields were discussed.
Key words: Marine biodiversity, Protection management, International cooperation

民族森林文化与生物多样性有效管理

——以西双版纳为案例

许再富

（中国科学院西双版纳热带植物园，云南勐腊 666303）

摘要　在远古时，人类几乎生活在森林之中，巢居树上，靠采撷植物和围猎动物为生，他们的一切均依赖于森林。农耕的发展，他们先后离开了森林，但其生活、生产，还是离不开森林。这样，在历史的发展过程中，各民族（或人群）均与当地的森林密切地联系在一起，与森林及其中的动物、植物和微生物等相互作用、相互影响，而创造了多样化的民族森林文化（Ethnic forest culture）。本文以我国滇南的西双版纳为例，探讨民族森林文化与生物多样性有效管理的关系。

关键词　生物多样性保护　民族森林文化　西双版纳

1　西双版纳的生物多样性

西双版纳地处滇南，与老挝、缅甸接壤，邻近越南和泰国等东南亚国家。在纬度上虽属于亚热带，但因特殊的地质历史、独特的地形地貌和在气候上受季风的强烈影响，使西双版纳成为我国热带森林主要分布的地方。

多方面的科学数据均表明西双版纳是我国生物多样性最丰富的地区(陈灵芝等,1993)。就热带森林而言，它具有下列的主要类型：

热带低山雨林（Tropical low land rainforest）

·热带雨林（Tropical rainforest）

·热带季节雨林（Tropical seasonal rainforest）

热带季雨林（Tropical monsoon forest）*

·半常绿季雨林（Semi－evergreen monsoon forest）

·落叶季雨林（Deciduous monsoon forest）

·石灰岩季雨林（Limestone monsoon forest）

热带山地雨林（Tropical monsoon rainforest）

热带稀树灌草丛（Tropical savanna forest）

生境和森林类型的多样性以及北依“动、植物王国”的云南腹地、南与东南亚国家山水

---

* 国内的一些生态学家把热带季雨林与热带雨林当成同一类型，这是一个需要探讨的问题。

相连，使这个地区分布有多样性的物种，其中高等植物约5 000种，占了我国植物区系成分的1/6；脊椎动物约700种，占我国动物区系成分的1/4，而这个地区的土地面积则仅占了我国的1/500。在植物中，这里分布有东南亚热带雨林中最高的树种望天树（*Shorea chinesis*）；在动物中，有我国惟一大群的亚洲象（*Elephas maximus*）。

在西双版纳的动植物资源中，有以茶花鸡（*Gallus gallus spadicus*）和野生稻（*Oryza* spp.）等为代表的上百种家养动、植物的野生类型及其近缘种。而在各民族家养和栽培的动、植物中，有水稻、旱稻和家鸡等为代表的上千个品种，具有十分丰富的基因多样性。

西双版纳的生物多样性在生态系统、物种和基因等层次上的富集，除了其独特的自然环境条件外，还与这个地区具有多样化的民族森林文化有密切的关系（国家环境保护总局，1998）。

2 民族森林文化是维持生物多样性的最重要因素

生活在森林中的人群，即使他们后来离开了森林，但他们的衣食住行、医药保健、生产活动、文学艺术和宗教信仰等都无不密切依赖于森林。他们所创造和发展的民族森林文化就是人们在特殊环境条件下为了自下而上而发展的策略。正是这种策略，使他们与当地的自然资源和谐相处，协调发展。这也是在20世纪50年代前，国家还没有在该地区建立自然保护区，而西双版纳还保存有约60%的森林覆盖率的重要原因。

西双版纳以傣族为主的12个世居民族，他们在日常生活中的“衣食住行”的很多资源都取自于热带森林，所涉及的动物、植物和微生物多达数百种；在药用植物的利用上估计不下1 000种；在农业与手工业的生产活动中，涉及到动、植物的也是上千个物种和品种；以及在文学艺术和宗教信仰等活动中，几乎都与这里的森林及其动植物资源密切联系在一起。

经过多年的研究，我们认识到，是西双版纳的各民族保护和维持了该地区的生物多样性，而他们创造和发展的森林文化则是维持生物多样性的最重要策略。

2.1 生物资源的利用方式基本上不损坏其更新的能力

各民族从森林中所采集的绝大多数是非木材产品（None timber products）。而盖房子所需的木材则是通过村社。在指定的村社林中按规定的数量择伐(Selected logging)，在砍伐竹材时还有“砍一留三，砍老留新”的规定（许再富等，1995）。而在狩猎动物和捕鱼上所采用的方法也不会破坏其自然的更新。只是在历史上，土司头人为了向中原中央政府上贡，才大量捕捉野象、犀牛，使它们变为濒危和灭绝。*

2.2 家养和驯化动植物，减少野生资源的直接利用

在汉文、傣文的历史记载和民间传说、歌谣以及现实的调查中，说明了历史上，西双版纳各民族尤其是傣族曾经驯养过大象、耕牛、孔雀和鸡等动物；也家栽过野稻、瓜果和其他有用植物（许再富等，1998；禹平华等，1985）。这在一定的程度上减少了对森林中同类产品的需求。而在家养的一些动植物中，如水稻、旱稻常与其野生的近缘种类杂处，家鸡常与野鸡在林边、林缘相遇，难免它们不杂交，从而丰富了这些家养动植物的基因，也使它们具有较强的适应性和较高的质量。

---

* 许再富，1988，历史上向“天朝”的上贡对滇南犀牛的影响

2.3 森林的各种利用方式有利于森林（和土地）的可持续利用

各民族对森林的利用也就是对其土地及环境的利用，其方法多种多样。他们对生物多样性的影响程度不同，主要的如下表所示。

对森林利用的主要方式

主要目的	利用方式	对生物多样性的影响
作为水源	只准非木材产品的采集	不影响更新
作为木材供应	择伐和只准非木材产品的采集	基本上不影响更新
发展经济作物	疏伐林下，种植兰靛、茶叶、省藤等	对树木的更新有一定的影响，但通过轮作则减轻其影响
生产粮食（旱稻、玉米）	刀耕火种，实行轮垦，即种3年，弃荒9年	对生物多样性有短时期的影响，但足够长的弃荒期，对其影响不大
宗教信仰（原始多神教）	如"龙山林"，除了埋葬死人的骨灰外，绝对保护	对生物多样性没有大的影响

由此看出，西双版纳各民族在传统上对森林的各种利用方式，均对森林的更新和对生物多样性的维持并没有大的影响。即使是生产粮食的刀耕火种，由于不是永久性农业用地，在原来人口稀少、森林面积大的情况下，也仅是在林海中开了不同大小的"林窗"，它们在弃荒的足够长时间里是可以更新的，而在一定的程度上，如在维持生态系统的食物链和在保留各种生态适应的物种上看，它还是具有积极的意义的（许再富等，1996；裴盛基等，1997）。

2.4 从境外引进植物丰富了当地的植物资源

西双版纳与东南亚国家邻接，同民族的人在边界两边杂居，他们对有用的植物相互引种。并且，这里的傣族、布朗族均信奉小乘佛教，通过宗教的传播，他们从境外引进了大量的与佛教有关的植物。这些引进的植物除了一些用于农业生产外，还广栽于村社周围、以及寺庙庭院和各家各户的庭园之中，其数量多达数百种，大大丰富了这个地区的植物资源。其中铁刀木（*Cassia siamea*）引自泰国长达百年之久，傣族家家户户栽培它们作薪材树，基本能满足其需求，极大地减少了对森林的破坏（禹平华等，1985）。

2.5 对祖先的崇拜与宗教信仰对生物多样性管理产生了深刻的影响

西双版纳各民族都对祖先和神鬼产生崇敬与敬畏，信奉原始多神教，其中傣族和布朗族还信奉小乘佛教，而且与其崇敬的原始多神教相互渗透。这样，各民族都在村社的附近保留了一片作为"龙山"、"神山"的风水林，让死者的灵魂返回祖先所居住的森林。这些"龙山"、"神山"林都受到本村社居民的严格保护；邻近村寨的人也尊重他们，不进入"龙山"。很多民族又有他们民族或氏族的动、植物"图腾"种类、或视为"神树"的树木，它们也受到该民族或氏族的严格保护（许再富等，1998）。而在植物中，有的被当作"佛树"，有的则与其宗教活动密切相关，它们也受到村民的自觉保护，如菩提树（*Ficus religiosa*）在西双版纳的法典中，曾有规定："砍伐菩提树，子女罚为寺奴"（许再富等，1985）。

2.6 多样化的民族文学艺术促进其"真善美"动植物的发展

西双版纳各民族的文学艺术有传说故事、诗歌民谣、音乐舞蹈和绘画雕刻等。而这些多彩多姿的文学艺术所描述的多是森林以及其中的很多动、植物，所表达的多是人们如何在森林中的采撷与狩猎、人们的生产活动、人与人的各种关系以及人们的各种宗教活动等（王松，1983）。这样，被当成能表达"真、善、美"的多种动、植物，如动物中的大象、孔雀，植物中的椰子树（*Cocos nucifera*）、缅桂花（*Michelia alba*）等便被人们广为驯养和栽培。

3 现代的生物多样性管理离不开民族森林文化

在近代，科学技术的进步极大地促进了生产力的发展，也使地球上的人口迅速增加。现代文明生活的吸引，人们加大了对自然的“征服”力度，早已使其负荷过重，使地球的生态环境日趋恶化，生物多样性也正以比其自然过程快约1 000倍的速率从我们这个星球上灭绝。反过来，它们动摇了人类生存与发展的基础，人类这才清醒地认识到：“我们只有一个地球”，可持续发展已成为人类的一个永恒主题。为了管理好生物多样性，政府已采取了很多重要措施，如建立自然保护区或国家公园建立稀有、濒危动、植物迁地保护基地和对一些动、植物进行回归的再引种；也从法律上制定了野生动植物保护法、生态系统保护法和濒危种的贸易法等。这些对于生物多样性的有效保护都是十分重要的。但只有到了20世纪90年代，人们才逐步认识到，地球上的生物多样性，现在主要残存于发展中国家和地区，尤其是热带雨林分布的地方。这些地区的土著民族，他们的生存与发展离不开当地的生物多样性，而历史上所积累的有关生物多样性的管理知识（Indigenous knowledge）包括保护与可持续发展利用是人类文化的一个重要组成部分。所以，1992年联合国在巴西召开的“环境发展大会”所签署的《生物多样性公约》就指出：“依照国家立法，尊重、保存和维护土著和地方社区体现传统生活方式与生物多样性保护和持久利用相关的知识和做法，并促进其广泛应用”。

正如上述，对于西双版纳各民族在生物多样性的知识和做法，我们把它们称为“民族森林文化”。各地区都有其“民族森林文化”，值得人们去研究、发掘、整理、去粗存精，总结提高，并与现代的科学技术结合，加以提高、应用、推广，让它们为解决当地所面临的生态环境问题和社会经济可持续发展服务。近10年来，我们在西双版纳正是这样做的，收到较好的效果。

3.1 民族森林文化是进行人与自然协调发展教育、动员人们参与多样性保护行动的重要手段

西双版纳的傣族，他们在历史上曾住在“冷森林”，后来因人口增加、森林破坏，无法生存而迁徙到“热森林”。这样，他们古代的首领便留下了遗言：“没有森林便没有水，没有水就没有田地，没有田地就没有粮食，没有粮食就无法生存”（刀国栋，1996）；而各民族也有诸如“砍山三年富，山秃几代穷”的谚语。我们就是利用我们所研究的这些民族森林文化向自然保护区周围的傣族和哈尼族两个社区的群众宣传，把他们纳入了生物多样性保护和社区经济发展相结合的示范村；也与西双版纳佛教协会达成了共识，成立了“西双版纳寺庙庭院与龙山植物恢复协会”，并建立了5个示范点。所以，民族森林文化是对该民族进行人与自然协调发展教育和动员他们参与生物多样性保护行动计划的重要手段。

3.2 民族森林文化中蕴藏着很多与可促进当地社会经济发展有关的生物物种和遗传基因

多年来，我们通过栽培、繁殖和选育，有些已在当地推广发展，如依兰香（*Cananga odorata*）已发展了300～400km²；柚子（*Citrus grandis*）的优良品种“版纳柚”已发展了三四万亩；在当地旱稻品种中已培育出雄性温敏不育品种，并应用于两系杂交制种；在民族药中发掘的龙血树（*Dracaena cochinchinensis*）已成为国产血竭的原料，在西双版纳已有3家药厂生产其产品，其中：“雨林血竭”已成了云南“优势名药”。只要深入的研究，将有更多的物种和基因被发掘、应用于促进地方甚至更大范围的社会经济发展。

3.3 民族森林文化中的一些知识、经验和技术可应用于自然资源的可持续发展

存在于西双版纳民族森林文化中的热带雨林下层空间的利用、山地混农林(Agroforestry)系统的一些模式、各民族所发展的经济植物庭园以及铁刀木的栽培和发展技术等，有的稍微改进就可以直接应用于热带农村和山地的可持续发展计划，有的为人们提供了启示，可供进一步研究，而获得发展。西双版纳植物园开展的混农林系统研究就是在傣族发展“云南樟＋茶叶”模式的启示下，成功地发展了“橡胶＋茶叶”的模式，已推广了二三十万亩，也在我国热区山地发展了混农林系统上百个模式，获得了较好的经济、生态和社会综合效益。

4 讨 论

1. 民族森林文化是特定地区的民族或人群在其历史的发展过程中，适应其特殊的生态环境条件而创造的、作为其生存与发展的重要策略。它们在现代，既是实施“可持续发展”国策的一座重要的桥梁，也是我们实施《生物多样性行动计划》不可缺少的部分。

2. 对于民族森林文化的研究与应用也应根据现代的自然条件与社会经济发展情况，去粗存精，并与现代科学技术相结合。如对于刀耕火种，在历史上曾有积极的意义，但在近代，人口和耕地已倍增，而森林则已减半，它已成为生态环境退化的重要原因之一，应该禁止。

3. 民族森林文化的积极作用在国内还未被人们尤其政府有关部门所重视。我们在这方面的研究所获得的支持绝大多数来自国外的一些基金组织，其研究结果受国际等学术界所关注，“墙内开花墙外香”，这与我国是一个具有56个民族的国家来说是不相称的。所以，一方面要继续全面、深入研究，另一方面要加强宣传与教育。

参考文献

陈灵芝（主编）. 1993. 中国的生物多样性——现状及其保护对策. 北京：科学出版社，243

国家环保局等. 1998. 中国生物多样性国情研究报告. 北京：中国环境科学出版社，145～147

许再富，许又凯，刘宏茂（编著）. 1998. 神奇的西双版纳——热带雨林漫游与民族森林文化趣谈. 昆明：云南科技出版社，183

许再富，刘宏茂. 1995. 西双版纳傣族传统植物知识体系与农村持续发展的探讨. 见：中国科学院生物多样性委员会等（编）. 生物多样性研究进展. 中国科学技术出版社，88～92

许再富. 1996. 热带植物资源持续发展的理论与实践. 北京：科学出版社，138

裴盛基等. 1997. 西双版纳轮歇农业生态系统生物多样性研究论文报告集. 昆明：云南教育出版社，178

禹平华，许再富，黄玉林. 1985. 西双版纳傣族传统栽培植物的研究. 云南植物研究，7（2）：169～185

许再富，刘宏茂. 1985. 西双版纳傣族贝叶文化与植物多样性保护. 生物多样性，3（2）：174～179

王松. 1983. 傣族诗歌发展初探. 北京：中国民族文艺出版社

刀国栋. 1996. 傣族历史文化漫谈（修订版）. 北京：民族出版社

ETHNIC FOREST CULTURE AND EFFECTIVE MANAGEMENT OF BIODIVERSITY, A CASE STUDY OF XISHUANGBANNA

Xu Zaifu
(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences
Mengla , Yunnan 666303)

In remote antiquity, human being was almost living in the forests. Even if leaving from the forests later, their daily life and productivities are still closely depended on forests and the living things involved. Man and forests affected each other, and then diverse ethnic forest culture has been created. A case study of Xishuangbanna, Southern Yunnan of China, has shown that ethnic forest culture is the most important issue for maintaining local biodiversity in the history, and it always is an important bridge for effective management of biodiversity and for local sustainable development of socio—economy in modern times.

Key words: Biodiversity conservation, Ethnic forest culture, Xishuangbanna

中国生物多样性保护的立法现状、存在问题及对策

张建伟
（河南大学法学院，河南开封 475001）

摘要　本文介绍了中国生物多样性保护的立法现状、研究，探讨了中国生物多样性保护中存在的问题，并据此提出了应采取的对策。

关键词　中国生物多样性　立法现状　立法问题　立法对策

生物多样性是地球生命支持系统的重要成分，对人类的生存与发展具有重要作用。目前全球生物多样性正在迅速丧失，为保护生物多样性，世界各国采取了许多措施，其中一项重要的措施就是加强有关生物多样性保护的立法。本文拟对目前中国生物多样性保护的立法现状、存在问题及对策作一探讨。

1　中国生物多样性保护立法的现状

中国生物多样性保护立法经历了两个阶段，第一个阶段是1991年联合国环境与发展大会以前，这一阶段我国有关生物多样性保护的立法比较薄弱，涉及的范围比较单一，有关的法律、法规很少，相关的法律规范也不多；第二个阶段是1992年以后至今，这一阶段随着我国签署和批准了《生物多样性公约》，我国有关生物多样性保护的立法有所加强，涉及的范围有所扩大，相关的法律规范也有所增多。

截至目前，我国有关生物多样性保护的法律、法规主要有：

(1)《野生动物保护法》，1988年11月第七届全国人大常委会第四次会议通过的。其立法目的是为保护、拯救珍稀、濒危野生动物，保护、发展和合理利用野生动物资源，维护生态平衡。(2)《陆生野生动物保护实施条例》，1992年2月由国务院批准、林业部发布实施的。(3)《水生野生动物保护实施条例》，1993年9月由国务院批准，农业部发布实施的。(4)《野生药材资源保护管理条例》，1987年12月由国务院发布，国家医药管理局负责解释，立法目的是保护和合理利用药材资源。(5)《野生植物保护条例》，1996年9月国务院发布，由国家林业、农业和建设行政主管部门分工负责，国家环保部门负责协调和监督，立法目的是为了保护、发展和合理利用野生植物资源，保护生物多样性，维护生态平衡。(6)《森林和野生动物类型自然保护区管理办法》，1985年6月由国务院批准，林业部发布施行的，立法目的是保护自然环境和自然资源，拯救濒于灭绝的生物物种。(7)《自然保护区条例》，1994年10月国务院发布的，由国家林业、农业、地质矿产、水利、海洋等有关行政主管部门分工负责，国家环保部

门负责综合管理，立法目的是为了加强自然保护区的建设和管理，保护自然环境和自然资源。

另外《宪法》、《环境保护法》、《海洋环境保护法》、《森林法》、《草原法》、《渔业法》、《刑法》等法律中也有一些与生物多样性保护相关的法律规范。主要包括：

(1)《宪法》第九条第二款规定："国家保障自然资源的合理利用，保护珍贵的动物和植物。"；(2)《环境保护法》第十七条规定："各级人民政府对有代表性的各种类型的自然生态系统区域，珍稀、濒危的野生动植物自然分布区域、重要的水源涵养区域、具有重大科学文化价值的地质构造、著名溶洞和化石分布区、冰川、火山、温泉等自然遗迹以及人文遗迹、古树名木等，应当采取措施加以保护，严禁破坏"，第二十三条规定："城乡建设应当结合当地自然环境的特点，保护植被、水域和自然景观，加强城市园林、绿地和风景名胜区的建设。"；(3)《海洋环境保护法》第四条规定："国务院有关部门和沿海省、自治区、直辖市人民政府，可以根据海洋环境保护的需要，划出海洋特别保护区、海上自然区和海滨风景游览区，并采取相应保护措施。"；(4)《森林法》第二十条规定："国务院林业主管部门和省、自治区、直辖市人民政府，应当在不同自然地带的典型森林生态地区、珍贵动物和植物生长繁殖的林区、天然热带雨林等具有特殊保护价值的林区划定自然保护区，加强保护管理。"；(5)《草原法》第十条规定："严格保护草原植被，禁止开垦和破坏。"；(6)《渔业法》第二十七条规定："国家规定禁止捕捞的珍贵水生动物应当予以保护。"；(7)《刑法》第三百四十一条规定："非法猎捕、杀害国家重点保护的珍贵、濒危野生动物的，处五年以下有期徒刑或者拘役，并处罚金；情节特别严重的，处十年以上有期徒刑，并处罚金或者没收财产。"第三百四十四条规定："违反森林法的规定非法采伐、毁坏珍贵树木的，处三年以下有期徒刑、拘役或者管制，并处罚金；情节严重的，处三年以上七年以下有期徒刑，并处罚金。"第三百四十五条第四款规定："盗伐、滥伐国家级自然保护区内的森林或者其他林木的，从重处罚。"

2 中国生物多样性保护立法中存在的问题

中国目前有关生物多样性保护的立法虽有一定的进展，但与生物多样性保护的实际法律需求还相距甚远，立法中存在着许多亟待完善的问题，主要表现在：

2.1 立法上尚有许多空白

首先我国宪法目前对生物多样性保护还没有作出专门规定，只有《宪法》第九条第二款规定："国家保障自然资源的合理利用，保护珍贵的动物和植物。"而保护生物多样性只限于保护珍贵的动物和植物是远远不够的。由于宪法是我国的根本大法，在我国的整个法律体系中具有最高的效力，其他一切法律、法规的制定都必须以宪法为根据，不得违反，因此我国宪法目前有关生物多样性保护的立法还处于空白。生物多样性是一个内涵十分广泛的概念，是生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和。生物多样性共包括3个层次，即基因多样性、物种多样性和生态系统多样性，所以对生物多样性的保护应该是全面的保护，包括各个层次的保护，而我国目前有关生物多样性保护的立法主要限于物种多样性的保护，生态系统多样性的保护虽有所涉及，但仍有许多空白，而基因多样性的保护则完全是空白；另外，生物多样性的保护不仅应保护现存的生物多样性，而且对已被破坏的生物多样性还应尽量恢复，同时在上述保护和恢复的基础上，使之为人类持续利用。因此，有关生物多样性保护的立法应包括保护、恢复及持续利用的规定。而我国目前现有的立法中，有关保护

的规定多，有关生物多样性的恢复及持续利用的规定尚有许多空白，不利于我国生物多样性保护工作的开展。

2.2 现有的有关法律、法规不完善

首先，我国现有的有关生物多样性保护的法律、法规的立法目的不完善。除《野生植物保护条例》在其立法目的中明确规定的有保护生物多样性的内容外，其他有关专门法律、法规的立法目的都无此规定，而是简单描述为保护自然环境和自然资源等内容，而立法目的对所制定的法律、法规具有重要作用，它决定立法的指导思想和法律调整的方向，同时，有助于人们了解立法的宗旨，从而有利于执行和遵守。立法目的的不完善，必然影响所要制定的法律、法规内容的完善，进而影响到法律、法规的实施，导致预期的目标和任务无法实现。其次，我国现有的有关生物多样性保护的法律、法规制度安排不完善，表现在：一是管理体制上规定的过于分散，政出多门，不是完全从生物多样性保护的实际需要出发，而兼顾不同部门的切身利益，搞平衡，影响生物多样性保护工作的开展；二是管理制度以传统的命令，控制模式为主，缺乏经济刺激模式，实践证明，生物多样性保护必须依赖于被管理者的积极参与和配合，传统命令，控制模式的管理制度虽必不可少，但无法促使被管理者主动履行，因此其成本较高，且效率较低。最后，我国现有的有关生物多样性保护的法律、法规中法律责任规定不完善，具体表现在：一是处罚较轻，如《自然保护区条例》第三十五条规定："对自然保护区造成破坏的，可以处以300元以上1 000元以下的罚款。"处罚之低起不到威慑作用，结果生物多样性面临的威胁日益严重；二是有关规定不明确，如《自然保护区条例》第四十条规定："违反本条例规定，造成自然保护区重大污染或者破坏事故，导致公司财产重大损失或者人身伤亡的严重后果，构成犯罪的，对直接负责的主要人员和其他直接责任人员依法追究刑事责任。"而《刑法》对此并无相应条款，因此不利于追究违法者的法律责任，从而放纵了一些严重危害生物多样性保护的犯罪行为。

2.3 地方法立法有待加强

我国是一个有着960万 km^2辽阔区域的大国，各地自然条件和经济条件差异很大，生物多样性的特点和保护要求也不完全相同，因此，在国家有关生物多样性保护立法的统一指导下，应根据各地的实际情况进行地方性立法。但目前我国的有关地方性立法非常薄弱，截至到1997年，我国有关环境资源保护的地方法规虽已达600多部，但专门规定生物多样性保护的寥寥无几，这其中各地之间也不平衡，有的地区有关生物多样性保护的地方立法发展较快，但全国大部分地区则发展较慢，许多地方甚至是空白。另外，现有的这些地方性立法在内容上往往未能根据地方生物多样性保护的特点进行立法，缺乏地方特色，过多重复国家有关立法的规定，不能结合地方实际情况、作出有针对性的规定，而且有时在基本原则、基本制度方面未能与国家有关立法保持一致，破坏了法制的统一性。

2.4 立法文件的级别效力低

我国现有的有关生物多样性保护的立法中，除《野生动物保护法》是由全国人大常委会制定的，以法律的名义规定外，其余的都属于法规，包括国务院制定的专门行政法规和一些地方省级人大及授权的市级人大制定的地方专门法规，因此从总体上看，我国现有的有关生物多样性保护的立法文件级别效力低，从而不利于贯彻执行，对保护生物多样性不利。如我国目前在野生植物保护方面和自然保护区建设、管理方面的立法分别是国务院1996年和1994年颁布的《野生植物保护条例》和《自然保护区条例》，由于这两个立法文件属于行政法规，级

别效力低，因此在实际贯彻和执行中，就不如全国人大常委会制定的《野生动物保护法》受重视。

3 中国生物多样性保护的立法对策

中国生物多样性保护立法中存在的上述问题表明中国生物多样性保护的立法工作还有待健全和完善，这方面有许多工作要做，本文建议当前应注重采取以下对策：

3.1 加快制定一部《生物多样性法》

根据中国目前生物多样性保护的实际需求及立法现状，当务之急是制订一部《生物多样性法》。

3.3.1 制定该法的必要性

中国是一个生物多样性十分丰富的国家，据初步统计中国共有460多个不同类型的生态系统，这其中仅高等植物就有近3万种，居世界第三位；脊椎动物有6 347种，占世界总种类的13.97%，上述众多物种又蕴藏有丰富的遗传基因。但当前中国的生物多样性却面临着严重的威胁，表现为遗传基因大量丧失，许多动植物濒临灭绝，生态系统失衡，而中国的生物多样性对中国的发展具有重要意义，原因之一是中国的人口多，目前已超过12亿，且在今后一段时间内不会降低，因此，各种生活消费特别是粮食消费的压力很大，进口不是解决的根本办法，只能依靠自我发展，而这离不开生物多样性的支持；原因之二是中国为实现经济的现代化正在努力，为此，在相当长的一段时间内必须保持一个较高的经济增长率，生物多样性是中国经济可持续发展的保障。因此，必须加强中国生物多样性的保护。国内外的经验表明，法在生物多样性保护中具有不可替代性，这是由法的本质、特点和作用决定的。加之中国目前由于公众的生物多样性保护意识差，有关生物多样性保护的方针、政策、原则、制度、措施等必须要通过法定程序使之上升到法的高度，才能取得社会全体遵守的效力，从而保障和推进中国生物多样性保护事业的顺利发展。另外，1992年6月在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会上与会各国讨论和签署了《生物多样性公约》，中国政府代表团当时签署了这一公约，随后中国第七届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议正式批准加入这一公约，该公约的宗旨在于保护并合理利用地球上的生物多样性，要求各国制定保护的国家战略、计划和方案，根据“条约必须信守”的原则，中国应加强生物多样性保护的国内立法，以履行所承担的国际义务。

3.1.2 制定该法的可能性

随着有关生物多样性科学研究的不断深入，人们目前认识到生物多样性是人类生存和发展基础，生物多样性受到威胁必将动摇人类可持续发展的自然基础。为此世界各国纷纷研究制定本国的《生物多样性法》，中国早在1994年颁布的《中国21世纪议程》中就明确提出要建立和完善生物多样性保护的法律体系，此后许多法学工作者开展了此方面的研究，并取得了多项研究成果。与此同时，中国在生物多样性的科学研究领域已有相当的基础，在生物多样性的价值、作用、分布、组成、保护、恢复与持续利用等研究方面都取得了重大进展，如中国科学院有33个研究所，1 000余名科技人员从事有关研究。自50年代在全国范围内开展了动植物区系和自然资源的调查，80年代又开展了珍稀、濒危动植物的调查，现已基本摸清全国主要动植物的种类、分布，从而使制定《生物多样性法》能够建立在科学的基础之上。另外，现代

科学技术的发展也为制定《生物多样性法》提供了技术保障，如基因离体保存和转基因技术的发展使基因多样性的保护成为可能。

3.1.3 制定该法的具体设想

要制定一部《生物多样性法》，首先《宪法》中要增设有关保护生物多样性的条款，从而使专门的立法有《宪法》根据。九届人大二次会议对《宪法》修订过程中，未增加此内容实属遗憾，建议今后增加此条款。其次要明确立法目的，中国生物多样性保护的立法目的，一要建立在有关生物多样性科学研究的基础之上，并根据研究的进展，适时地做出调整；二要考虑我国目前现有经济技术条件和社会发展的需要，做到切实可行。据此，中国生物多样性保护的立法目的是通过调整人们在保护、恢复和开发利用生物多样性的过程中所产生的各种社会关系，来达到保护和恢复生物多样性，最终实现持续利用，保障经济和社会的可持续发展。最后关于《生物多样性法》的立法体例有两种方案可供选择，一种是以原则性的规定为主，对有关生物多样性保护的范围、基本原则、基本制度等做出规定，而有关基因多样性、物种多样性、生态系统多样性的具体保护则结合现有的立法，及时地做出修、改、废、立，填补立法空白，完善立法欠缺，提高立法级别，形成一个以《生物多样性法》为核心的生物多样性保护法律体系；另一种是除了原则性的规定外，把有关的各具体规定也纳入其中，分为总则与分则两大部分，其中总则包括立法目的、适用范围、基本原则等内容，分则包括基因多样性、物种多样性、生态系统多样性、自然保护区等保护内容。上述两种方案目前可先采纳第一种，以使《生物多样性法》尽快出台，待将来时机成熟时，则可改为第二种方案。

3.2 其他相关立法对策

除了抓紧制定《生物多样性法》外，在中国生物多样性保护的立法对策中应注意以下几点。

3.2.1 完善管理制度，加大法律责任

中国生物多样性保护工作开展的好与坏，有赖于立法中能否确定适当的管理体制及一套行之有效的管理制度。我国目前的管理体制过于分散，根据生物多样性保护的实际需求，应建立环保部门主导的管理体制，强化其职权。管理制度则应明确选择和确立的标准，一是其在实际中的作用，二是成本与效率。因此，一方面应继续保留在实际中发挥作用的属于传统命令—控制模式的一些管理制度，如申报登记制度、许可证制度、现场检查制度等；另一方面要加强属于经济刺激模式的一些管理制度，如收费、收税制度等；除此，还可以吸收和借鉴国外的一些行之有效的管理制度，进行法律移植；另外，在立法中，应加大法律责任的规定，对造成生物多样性严重破坏的个人，分别情况使其分别承担民事责任、行政责任或刑事责任，单位违反的，则要实行双罚制，既要对单位处罚，又要对直接责任人员制裁。

3.2.2 加快地方性立法

中国生物多样性保护的立法，还应加快地方性立法，这其中应明确地方性立法的原则，既要与国家有关的立法在基本原则和基本制度等大的方面保持一致，又要注意因地制宜，突出地方特点。在此原则指导下，各地应制定地方性的立法规划，加快地方性立法。对一些特殊问题，可采取一事一法。如我国的自然保护区建设近几年中无论从数量上还是规模上发展都很快，虽然国家1994年制定了《自然保护区条例》，对有关自然保护区的建设、管理等作了统一规定，但具体到每一个保护区，由于分布的位置不同，其特点往往不同，因此在建设、管理等方面规定要有针对性，各地在不违反国家规定的情况下，根据实际情况可以进行专门的立

法，做到一区一法。

参考文献

陈灵芝（主编）.1993.中国的生物多样性——现状及其保护对策.北京：科学出版社
国家环境保护局译.1993.21世纪议程.北京：中国环境科学出版社
国家计委等.1994.中国21世纪议程.北京：中国环境科学出版社
《中国生物多样性国情研究报告》编写组.1998.中国生物多样性国情研究报告.北京：中国环境科学出版社
金瑞林（主编）.1990.环境法学.北京：北京大学出版社
韩德培（主编）.1990.环境保护法教程.北京：法律出版社

THE EXISTING STATE OF LEGISLATION, LEGISLATIVE PROBLEMS AND LEGISLATIVE COUNTERMEASURES ABOUT THE BIOLOGICAL DIVERSITY PROTECTION IN CHINA

Zhang Jianwei
(The Law School of Henan University, Kaifeng 475001)

This paper provides information with the existing state of legislation about the biological diversity protection in China. It also provides an analysis into the legislative problems on the biological diversity protection of China. Finally, a series of legislative countermeasures are given.

Key words: Biological diversity of China, Legislative problems, Legislative countermeasure

从可持续发展谈中国的生物多样性保护

周文能

（国家科技部农村与社会发展科技司，北京 100862）

摘要 可持续发展和生物多样性保护是国际社会普遍关注的热点问题。本文分析了可持续发展和生物多样性保护的相互联系；运用可持续发展思想，阐述了物与物、人与自然、保护与利用三大关系；根据中国的具体情况，提出以控制人口增长、消除贫困、强化国家生态意识和依靠科学技术进步作为中国生物多样性保护和可持续利用的对策。

关键词 可持续发展 生物多样性 保护 对策

《21世纪议程》和《生物多样性公约》都是1992年联合国里约环发大会通过的重要文件，并且得到了国际社会的广泛关注。几年来，学术界对这两个旨在缓解困绕当前人类面临的环境与发展问题的文件进行了广泛而深入的研究，各国政府先后采取了一系列重大的行动和措施。就这两个文件的内涵来看，它们之间有着非常紧密的联系，贯穿着一个中心思想，那就是可持续发展。

1 可持续发展与生物多样性保护的相互联系

1.1 生物多样性是人类社会可持续发展的物质基础

自然界的生物及其所赖以生存的物质环境之间的相互作用，构成了社会经济可持续发展的物质基础。首先人类的衣、食、住、行离不开生物多样性，我们所得到的全部食品、许多药物和工业产品都是来自生物多样性。尽管我们对自然界丰富多彩的生物世界知之甚少、利用有限，但已知的几个主要栽培作物就足以维持全球几十亿人口粮食的基本需求，实际上，野生物种在世界上大部分地区已成为人们膳食的基础；过去，生物多样性对人类的健康起了至关重要的作用，差不多所有的药品都取自于动、植物，已用到了5 000多个物种，即使在今天这种传统的医药仍保持着重要的地位。就是现代药品也离不开生物多样性，在美国所有处方中的1/4的药品含有取自植物的有效成分，超过3 000种抗生素都源于微生物，已有的事实表明，生物多样性在现代药品中的作用将发挥着越来越重要的作用，某些疑难病症如癌症的治疗，将有可能从生物的提取物中取得重大的突破。

其次，我们说生物多样性是人类社会可持续发展的重要基础，这不仅仅是指其满足了人类生活和健康的基本需求，而是指其具有更多价值和深刻内涵，以及形成的生命支持系统，并且使得人们能适应环境和需求的变化，这就是生物的生态价值，维持生物圈的功能，绿色植

物通过光合作用呼出氧气、吸入二氧化碳，维持了大气成分的相对稳定；土壤中的分解者——真菌、微生物和土壤动物分解死去的动物和植物，清除有机垃圾，给人类创造一个洁净的环境；森林、草地截留降水、保持水土：基因、物种、生态系统和景观所构成的丰富多彩的世界给人以鼓舞和舒适的感觉，并激发了人类不断追求和无穷的创造。

1.2 可持续发展是生物多样性保护的根本国策

生物多样性是一个地区内基因、物种和生态系统多样性的总和，是一个充满活力、不断新陈代谢的动态世界。今天地球上的生物财富是亿万年进化的结果，在这一进化过程中，出现了人类文明，成为生物界的重要组成部分，并且适应了自然环境，发现、利用和改变生物资源。在生物进化史中，地球上曾出现过6次物种大灭绝事件，地球上曾生存过的物种迄今为止绝大部分已经灭绝，灭绝是由于物种未能适应环境的结果。但大规模灭绝的原因都不清楚，科学家们提出了许多假说，试图加以解释，诸如物种极度特化（Over specialization）、疾病、灾变、“危机论”、恐龙蛋壳受薄等等，但时至今日仍没有一个假说能经得起严格的检验。在这6次大灭绝事件中，前5次大灭绝可能是自然原因造成的，但第6次也就是最近一次物种大灭绝、一万年前更新世纪开始，以岛屿型物种、大型哺乳动物和鸟类的灭绝为标志，与人类的活动有着密切关系。时至今日，不合理的人类活动所造成的生物多样性锐减已变得越来越严重，历史上从未有过这么多的物种在这么短的时间内面临生存危机。根据2 000年来不完全的记录统计，约有110余种兽类和130多种鸟类已从地球上消失，其中1/3是19世纪前消失的，1/3是19世纪绝种的，另1/3是近50年来灭绝的。据有关科学估计，假如按目前砍伐热带森林的速度（1 700万 hm^2/年），在今后30年内，大约5%～10%的热带森林物种可能面临灭绝。如果不立即采取有效的行动扭转和减缓目前的这种灭绝趋势，在不久的将来，不但大量已知的物种将灭绝，而且成千上万目前尚不知名的物种也会灭绝。

基因、物种和生态系统的灭绝和侵害会影响着一个社会发展的方向和持续性，并改变其进程，而一旦打破人类需求与自然能力之间的平衡，自然界将会加倍给以报复，其结果是自然的限制和人类介入自然的代价变得越来越清晰。严峻的现实已告诉我们，人类可以继续以长远利益为代价，使环境单纯地满足我们目前的需求，其结果显然是灾难性的，是不可取的。从1972年斯德哥尔摩召开的人类环境会议到1992年里约环发大会10年的探索结果，解决人类目前面临的环境与发展问题，惟一的选择是走可持续发展的道路，我们只有珍惜和保护生物多样性并且持续地利用它，为子孙后代留下一个尽可能丰富的世界，人类本身才能得以长久地生存和发展，社会经济的发展才能成功。

2 保护与合理利用生物多样性必须正确处理好三个关系

2.1 物与物的关系

从哲学的角度来看，自然界的每一个事物内部、事物与事物之间都存在着千丝万缕的联系，也就是我们通常所讲的一损俱损，一荣俱荣。同样，在保护生物多样性也要处理好物种与物种、物种与生态系统、生态系统与生态系统之间的关系。生态学上有一个“金字塔”理论（也就是1/10定律），这一理论充分揭示了一个物种是另一个或几个物种生存和发展的基础，人类在开展生产和消费活动过程中，如果不能正确地处理好物种之间相互作用、协调发展的关系，生物多样性就不能得到有效的保护和合理的利用。当前一系列人类活动，如生态破坏、环

境污染、全球气候变化、外来种侵入、生物资源过度开发等等，已直接和间接对生物多样性带来了极大的危害。例如，中国福建某地1983年从美国引进大米草，认为可护堤、喂牛并当燃料。但引进后，由于大米草繁殖力强、生长茂盛，导致了当地水域蛏蛏、蛤、章鱼、跳鱼等濒临绝迹；1977年南太平洋的穆尔岛（South Pacific Island of Morea）引入了一种蜗牛，目的是控制另外一个引入种，结果使当地6种蜗牛几乎全被消灭。

生物多样性保护不仅要在个体的水平上开展，而且要在全球的水平上来开展，因为生物多样性的丧失是全人类的损失，生态系统的退化影响是超越国界的，它使气候节律、江河流量、沉积物状况和迁徙物种都受到影响。据估计，美国所需的木材有一半很容易靠提高纸浆生产过程的效率、减少建筑消费、节约用纸和纸张再生利用节省下来，而保护太平洋西北部现存的全部老龄森林仅仅使美国木材产量下降2%。在生物多样性保护和利用上，如何在全球范围内正确处理好生产与消费、资源获取与惠益分配、引进与输出等关系，是履行《生物多样性公约》、开展生物多样性保护的迫切问题。

2.2 人与自然的关系

科学研究早已证明人类是地球生物圈的产物，是生物界的一个特殊群体，它的生存和发展必然离不开生物圈的完整存在。在1万年以前，即农业、畜牧业出现以前的漫长岁月里，人类主要是本能地利用环境，采集和捕食人类所必需的生活物质，并以生理代谢过程与环境进行物质和能量交换。人类的活动融于天然食物链之中，依靠自然界的净化能力，还能保持一种自发的生态平衡关系。

1万年前至18世纪初，产生了农业和畜牧业，被称为第一次文化浪潮的兴起，人类由攫取性经济向生产性经济过渡。虽然这个时期产生了光辉灿烂的古代文明。如巴比仑、哈巴拉、玛雅和中华文明，但反复的“刀耕火种”造成了严重的水土流夫，大片森林变成农田，农田再变成不毛的沙漠。据最新的研究资料表明，4000～5000年前灿烂的巴比伦文明，很可能是由于不合理的农耕所积累的环境压力，从而使巴比伦文明的“伊甸乐园”被无情地毁灭。由于同样的原因，哈巴拉、玛雅文明和中国楼兰古国也在地球上销声匿迹。这说明了一个问题，即人类在自身发展过程不顾自然环境的承受力，一味追求生产的增长，最终都必然遭到自然界的无情报复。

今天人类仍然还在肆无忌惮地毁林、围湖造田、盲目捕捞、污染环境等等，其结果是人类正在和将要承担自己愚蠢行为的苦果，如果我们今天漠不关心地看着一个接一个的物种从自然界中消失，那么早晚有一天类似的厄运也会降临到人类自己的头上。人类必然承认是自然长期发展的产物，与其他生物一样是自然界的一个成员，必须与自然界其他生物和谐共存、遵循自然发展的规律，主动调整与自然的关系，与自然协调发展。

2.3 保护与利用的关系

自18世纪以来，随着科学技术和商品经济的发展，人类生产力有了极大的提高，极大地加快了工业化、城市化的进程。特别是第二次世界大战以后，出于战后重建家园的强烈愿望，世界一味追求经济高速发展，出现了从未有的“增长热”，同时也派生了不合理的消费模式。其结果是在最近一个世纪，矿物燃料的使用量增加了约30倍，大量矿物的开发利用，使得地圈与大气圈之间产生的物质流和能量流加速，几十万种人工合成物质进入生物圈，大量废物进入环境，打破了上亿年来地球表面形成的生态平衡，从而导致资源短缺，物种锐减，生态系统转换成生产力匮乏的系统，这是一种不可持续的生产和消费方式。

从现有的生物技术发展来看，基因、物种和生态多样是一种可更新的资源，其潜力不可估量。生物多样性保护要与传统的自然保护区分开来,即从一种被动的保护自然免受发展的影响，向努力寻求既满足人们对生物资源的需求、并能保证地球上生物财富的持续利用转变。

3 中国生物多样性保护与可持续利用对策

3.1 控制人口增长、降低对生物资源的需求

生物资源支撑看人类的基本需求和发展，中国现有人口12亿多，今后每年还将以1 500万左右的数量增长，根据预测，到下世纪30年代将达到最高峰，即达到15亿～16亿。为了满足不断增长的人口的吃饭需求和生存空间需求,势必给中国的生物多样性保护带来极大的压力。尽管中国在生物多样性保护方而采取了一系列行动和措施，制订了《中国生物多样性保护行动计划》,建立了近800个自然保护区等,这些行动和措施不同程度缓解了生物多样性的损失,但从根本上讲，如果不继续采取有效措施控制人口增长，把人口对生物资源的消耗控制在与自然承载能力相一致的水平,使人口数量和经济增长、资源有效利用和保护有机地结合起来,中国的生物多样性保护前景是暗淡的。所以,控制人口增长对中国来说是生物多样性保护和合理利用的首要对策。

3.2 消除贫困，提高落后地区获得生物资源利用惠益的能力

当前，不论在国际上，还是在同一国内，相互联系和不断增强的经济制约着落后地区生物多样性的保护和合理利用。在全球生物多样性最丰富的12个国家中，有11个是发展中国家,这些国家以破坏原始森林,降低生物多样性为代价来增加其国民收入。而生物资源利用的最大惠益者是发达国家和发达地区,由此带来的后果是资源的掠夺和环境污染的转嫁。解决生物资源利用惠益的公平分配，是生物多样性有效保护的重要保证。

贫困是生物多样性保护的最大不利因素，给野生资源形成了巨大的压力，造成了资源流失，物种消亡、生态系统退化。反过来又导致更加贫困，这是一种恶性循环，解决的办法，只有发展经济。到1996年底，中国贫困人口已从8 000万降至5 800万，消除贫困的任务还相当艰巨。落后地区不应以破坏生物多样性为代价求得发展，而要充分发挥资源优势，制定有效的经济增长政策，不断提高自身的发展能力和水平。

3.3 加强宣传教育，提高国家生态安全意识

中国是一个生态环境脆弱、自然灾害频繁的国家。高原、山地、丘陵约占全国土地面积的2/3，山体高大，坡度陡峭、土层薄而稳定性差，这样的地理特点加上季风的不稳定性，有则急风暴雨，无则久旱无雨。中国人均土地面积约$0.9hm^2$，人均耕地面积约$0.11hm^2$，只有世界人均水平的1/3；全国水土流失面积179.4万 km^2，占国土面积的18.6%，荒漠化的土地面积83.7万 km^2，占国土面积8.7%，草原退化面积占草原面积的1/3。不合理的生产活动和消费方式，又进一步加剧了中国生态环境的恶化。据统计，全国131条流经城市的河流种，严重污染的有28条；在13个国控湖泊中，普遍存在富营养化问题。另外，由于大量使用煤炭，西南地区酸雨问题也相当严重。

由于环境的污染和生态系统的破坏,许多珍稀物种已面临濒危和灭绝的地步。如果不采取有效措施加以保护和恢复,是很难支撑社会经济和人们生活长远健康发展。而且随着世界经济不断全球化、现代生物技术的发展与应用，环境与贸易的壁垒将越来越明显，现代生物技术

所带来的一系列问题（如伦理道德、对人类健康和环境影响），也将日益增加，加强对公众的宣传教育，保持国家生态安全和生物安全具有非常重要的战略意义。

3.4 生物多样性保护与可持续利用必须依靠科学技术进步

中国既丰富又独具特色的生物多样性在全球居第8位，北半球居首位，生态系统类型多样，生态种类繁多并且特有种、孑遗种及经济种多、驯化物种及其野生亲缘种多。虽然几十年来在科学研究上开展了大量的工作，陆续出版了一些植物、动物门类的志书，也取得了不少保护和利用技术，但可以肯定，我们对生物世界复杂的关系还知之甚浅，我们尚不知道在生物进化史中地球上6次物种大灭绝的真正原因，我们也还没弄清楚当前生物多样性锐减将对人类产生何种影响。要保护和利用好生物多样性就必须对自然界的生物及其相互关系进行深入系统的研究。

对中国这样一个人口大国来说，解决12亿人的吃饭是一切问题中的首要问题，而现代生物技术为开发利用生物资源、不断满足食物的需求展现了广泛的前景。基因、物种、生态系统未知的潜力展现出了一个不可估量且有很高作用的生物学前沿。同时，只有依靠科学技术进步，逐步实现无废少废工艺、资源再生利用等综合治理措施，才能缓解环境污染对生物多样性的威胁和危害。

参考文献

世界资源研究所等编．中国科学院生物多样性委员会译．1993．全球生物多样性策略．北京：中国标准出版社，3：32

钱迎倩，甄仁德（主编）．1995．生物多样性研究进展．北京：中国科学技术出版社，79

蒋志刚，马克平，韩兴国（主编）．1997．保护生物学．杭州：浙江科学技术出版社，56～57

国家计划委员会，国家科学技术委员会．1994．中国21世纪议程．北京：中国环境科学出版社，120

柳树滋．大自然观．1993．北京：人民出版社，274～276

BIODIVERSITY CONSERVATION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN CHINA

Zhou Wenneng

(Department of Science & Technology for Social Development, Ministry of Science and Technology, Beijing 100862)

Sustainable development and biodiversity conservation have drawn World-wide attention. In this paper, the relation between sustainable development and biodiversity conservation was analyzed. In terms of sustainable development, three relationships, between organisms and organisms, between human being and nature, and between conservation and development were set forth. According to the special conditions of China, the strategies of Chinese biodiversity conservation and sustainable development were set forward, which can be summarized as follows, control-

ling population, eliminating poverty, enhancing public ecological consciousness, and relying on science and technology progress.

Key words: Sustainable development, Biodiversity, Conservation, Strategy

遗 传 多 样 性

濒危动物遗传多样性研究*

丁 波 张亚平

（中国科学院昆明动物研究所细胞与分子进化开放研究实验室，昆明 650223）

摘 要 本文简要分析了濒危动物遗传多样性研究中的一些关键问题。

关键词 濒危动物 遗传多样性 保护

1 濒危与遗传多样性贫乏的关系

是否濒危动物的遗传多样性一定贫乏?濒危动物的遗传多样性是否显著低于普通动物?

滇金丝猴由于分布范围狭窄、数量稀少，被 IUCN 列为濒危动物。川金丝猴数量比滇金丝猴多，濒危程度也小得多。我们对7只滇金丝猴的50种血液蛋白和同工酶研究结果表明，在来源于云南维西和德钦两个地区的滇金丝猴有一个座位（肌酸激酶 CK）存在多态。多态座位百分比 P＝0.019，个体平均杂合度 H＝0.005（Su B & Shi L M，1995）。同时对来源于陕西秦岭和甘肃摩天岭共19只川金丝猴进行了蛋白电泳研究，结果表明，川金丝猴多态座位百分比 P＝0，个体平均杂合度 H＝0（李海鹏等，1998）。这两个参数是衡量物种遗传多样性的指标。从上述这两个参数值的比较来看，滇金丝猴的遗传多样性并不比川金丝猴的低。

穿山甲是我国二类保护动物，并被列入 CITES 公约。由于生境的破坏和非法捕猎，野外穿山甲的数量急剧减少。我们运用19种限制性内切酶对13只中国穿山甲进行了线粒体 DNA RFLP 分析，13个样品分别表现出50～56个酶切位点，每位点平均核苷酸替代数（π）为0.2%（Zhang Y P & Shi L M，1991）。π 值越小，群体的遗传多样性程度越低。用同样的技术，对中国家猪的线粒体 DNA RFLP 分析的结果表明，中国地方猪种的 π 值仅为0.004%，这可能是迄今报道过的最低的 π 值。此结果说明中国地方猪种线粒体 DNA 群体分化程度处于一个相当低的水平（黄勇富等，1996）。这一结果与猪的形态学、生态学形成了鲜明的对比。从宏观上看，各种猪的特征差别明显，而且呈现不连续的状态。尽管如此，它们的线粒体 DNA 遗传结构却基本上没有差别。而且呈现不连续的状态。尽管如此，它们的线粒体 DNA 遗传结构却基本上没有差别。上述穿山甲与家猪线粒体 DNA RFLP 研究数据表明，穿山甲的遗传多样性高于家猪。

此外，盘羊与猕猴的 DNA 序列比较，滇金丝猴与云南兔的基因序列比较也有同样的结果。

综上所述，可以得出这样一个结论。就测定观点比较，濒危动物的遗传多样性并非总是低

* 中国科学院“九五”重大项目、国家和云南省自然科学基金资助项目。

于普通动物的。

2 遗传多样性贫乏与物种衰退

物种的遗传多样性是生命进化和适应的基础，种内遗传多样性愈丰富，物种对环境变化的适应能力愈大。种内遗传多样性的保持也有助于保持物种和整个生态系统的多样性，减慢由于适应和进化所导致的灭绝过程。遗传的均一性和遗传多样性贫乏威胁着群体和物种的生存。种种迹象表明，现存约1 000只左右的大熊猫其野外种群数量仍在急剧下降。1997年10月，我们和美国圣地亚哥动物园的部分专家专门到四川卧龙"五一棚"大熊猫野外观察站附近考察，希望能够寻觅到大熊猫的踪影。结果一无所获，甚至连粪便也没有发现。

我们对于来源于4个不同群体的12只大熊猫个体进行了蛋白多态研究，在检测的40个遗传座位中只有一个座位（黄嘌呤脱氢酶 SDH－2）存在多态。平均杂合度（H）只有0.008。而小熊猫和亚洲黑熊却表现很高的遗传多样性，平均杂合度（H）分别为0.056和0.055。我们推测大熊猫可能经历过一次或几次瓶颈效应而导致很低的遗传多样性（宿兵和施立明，1994）。另外，我们又对来自凉山、相岭、邛来和岷山山系等不同地理群体的40只大熊猫的线粒体 DNA 的序列变异情况进行了研究，结果发现，这些大熊猫群体间尚无明显的遗传隔离，群体内和群体间的遗传分化程度处于相近的水平（Zhang Y P *et al.*，1997）。核基因组和核外基因组的研究都表明，大熊猫的遗传多样性非常贫乏。大熊猫的研究和保护也就显得日益重要。因此，我们必须充分重视物种的群体遗传结构和遗传多样性的程度。在川金丝猴的遗传多样性研究当中，我们也发现有同样的现象。

3 保护单元数的确定

随着遗传多样性和保护遗传学的研究和发展，人们发现对濒危物种的保护，仅保护其栖息地是远远不够的，制定科学的保护管理对策必须考虑保护物种的遗传多样性。遗传多样性是物种具有进化潜力的物质基础，因此只有保持物种的进化潜力，才能真正达到保护物种的目的。1986年，美国圣地亚哥动物协会的 Ryder 教授提出并论述了生物保护中的基本单元 ESU，即进化显著性单元（Evolutionarily Significant Unit，ESU）的概念，立即引起了生态学家、进化生物学家和保护生物学家们的广泛重视。目前，ESU 已被普遍接受为生物保护中的基本单元。其含义为基于系统学的研究所作的一种定性的标准，它将由于进化历史事件而造成差异的不同群体区别开来。在分子水平中，将在线粒体 DNA 水平上互为单系群（Monophyletic group）并且在核基因水平上存在显著的基因频率差异的群体定义为不同的进化显著单元。这一概念的提出为生物多样性的科学保护提供了一种量化的指标。

根据上述概念，ESU 的确定应遵循以下原则：①对于有显著遗传分化、同时在线粒体基因组和核基因组上都是单源的群体应属于独立的 ESU；②对于与其他群体遗传分歧较高、在线粒体基因组上也是单源的群体，即使没有核基因组的信息，也可视为一个 ESU；③对于与其他群体遗传分歧度不是很高、在线粒体基因组上又是单源的群体，如果其核基因组等位基因的频率与其他群体有显著的差异，也应视为一个 ESU；如果其核基因组的等位基因的频率与其他群体没有显著的差异，则不能视为一个独立的 ESU。

我们对中国黑冠长臂猿进行遗传多样性研究时发现，中国黑冠长臂猿存在5个 ESU，即 *Hylobates concolor concolor*、*H.C. jingdongnesis*、*H.C. furvogaster*、*H. leucogenys* 和 *H. hainanus*。从保护和遗传管理的角度，建议将它们分开管理，避免杂交，以保护进化历史的遗产和各类群自身的进化潜力（宿兵等，1996）

4 经济有效地保护物种的遗传多样性

现在已经清楚地知道，为了成功地保护物种，除了要保护其栖息地外，还必须保护其遗传多样性。遗传多样性贫乏的物种，在环境变化中将十分脆弱，因而其进化前景暗淡。对于濒危物种的保护，由于受难度、代价等各种因素的限制，不可能对所有个体和生存环境同时进行保护，这时就必须考虑如何经济有效地保护物种，也即哪些群体首先应该被保护。当我们对各个群体的遗传多样性状况和种群遗传结构了解得非常清楚时，这样的群体就容易被确定。一般来说，如果某个群体具有独特的基因型和遗传结构，就应该考虑优先保护。因为，一旦该独特的基因型丢失，该物种就将永远丧失该基因型所特有的性能，特别是与优良性状相关的基因型。

在大熊猫的栖息地保护中，为了降低近亲交配率，抑制遗传多样性的丢失，一些专家建议修建人工走廊，以促进群体间的基因流。一种方案是仅建立大区域内的走廊，沟通割裂的小群体；另一种方案是建立大区域间的走廊。后者难度极大，代价昂贵，效果也难预测。根据我们对大熊猫不同群体的遗传多样性状况和种群遗传结构的研究结果，大熊猫大区域间无显著的遗传分化。这样，修建大区域间的人工走廊对于增进大熊猫的遗传多样性可能不会产生显著的意义。我们认为，在现阶段修建大区域内的人工走廊较为可行，意义也更为重大。

我们用线粒体 DNA RFLP 方法研究了中国猕猴（*Macaca mulatta*）的遗传多样性和亚种分化问题，结果发现，华北亚种（*M. m. tcheliensis*）数量较少，具有显著特化的遗传特性，因此建议在制定中国猕猴保护策略时应首先考虑保护这一特化群体（Zhang Y P & Shi L M，1993）。

5 圈养群体的遗传管理

当某一种濒危动物需要迁地保护时，动物园、水族馆和一些繁育研究基地成为重要的濒危个体的保育场所。在人工饲养下的圈养群体面临的一个突出问题是如何避免近交衰退。因为一个封闭小种群在繁育中，群体水平和个体水平的遗传多样性会逐代下降。群体的遗传杂合性提供了适应环境变化的潜力，近交导致个体的遗传杂合性下降，产生近交衰退，表现为存活率和繁殖力下降。因此，首先必须确定圈养群体中各个个体之间的亲缘关系远近，了解圈养群体的种群遗传结构，根据遗传学规律制定科学合理的繁育计划，最大限度地保持圈养群体的遗传多样性，使种群能够正常繁育下去。

利用 RAPD 和 DNA 序列分析技术，我们弄清楚了中国科学院昆明动物研究所圈养的滇金丝猴群体的遗传多样性状况和遗传结构，提出在繁育中优先保留2号猴的基因，以最大限度地维持该圈养群体的遗传多样性的建议（Zhang Y P & Ryder，1997）。

另外，在繁殖季节，为了最大限度地增加雌性个体的受孕机会，常采用一雌多雄、自然

交配与人工受精同时进行等方式。那么随之而来的问题是，由此产生的后代有时具有2～3个可能的父亲有待确定。为了弄清谱系关系和制定有效的育种计划，需要鉴定这些未知的父子关系。微卫星DNA（Microsatellite）变异度极高，是进行亲子鉴定最有效的方法。例如，我们应用该技术成功地证明了来自卧龙大熊猫繁育中心的新生大熊猫“月月”的真正父亲是308号，潜在329号不是“月月”的父亲（张亚平等，1995）。

6 材料来源——微量与非损伤技术

在进行濒危动物遗传多样性研究时，首先遇到的是取样问题，特别是野外群体取样问题更显得棘手。非损伤性技术使得该问题迎刃而解。该方法利用动物陈旧标本、遗骸、毛发、分泌物或排泄物等提取微量DNA，通过PCR扩增出相应的大量目标DNA，然后对这些DNA片段进行遗传变异分析。目前，非损伤性分析方法已在很多珍稀濒危动物的遗传多样性研究中得到应用。例如，在野外，由于人难以接触大熊猫，要想获得实验材料是极其困难的。由于受实验材料的限制，大熊猫野外群体的遗传结构、遗传多样性状况、基因流情况等不得而知。大熊猫在野外活动时，尾脂腺常常会分泌一种气味标记物留在树枝、石头、草丛等的上面，这种气味标记人是可以获得的。除此之外，还有容易获得的粪便样品。利用这两个材料来源，可以获得一定数量可供分析的野外群体样品。我们实验室已经建立了从大熊猫气味标记和粪便当中提取DNA的方法（Ding B *et al.*，1998）。滇金丝猴会在树上留下一些毛发，利用这些毛发很容易获得DNA分析所需的足量模板样品量。上述这些已建立起来的非损伤性DNA取样方法可以解决野外取样的困难，从而为该领域的研究提供了可能。

参考文献

李海鹏，张亚平等. 1998. 川金丝猴遗传多样性的蛋白电泳及其保护生物学意义. 动物学研究，19（6）：417～421

黄勇富，张亚平，兰宏等. 1996. 家猪的两大起源系统：来自线粒体DNA多态性的证据. 中国畜牧兽医学会第十届全国会员代表大会暨学术年会论文集. 北京：中国农业大学出版社，142～146

宿兵，施立明. 1994. 大熊猫遗传多样性的蛋白电泳. 科学通报，39：742～745

宿兵，P. Kressirer，K. Monda 等. 1996. 中国冠长臂猿的遗传多样性极其分子系统学研究——非损伤性取样DNA序列分析. 中国科学（C辑），26（5）：414～419

张亚平，O. A. Ryder. 1997. 金丝猴属的DNA序列变异及进化与保护遗传学研究. 遗传学报，24（2）：116～121

张亚平，王文，宿兵等. 1995. 大熊猫微卫星DNA的筛选及其应用. 动物学研究，16（4）：301～306

Su B, Shi L M. 1995. Genetic diversity in the snub-mosed monkey (*Rhinopithecus bieti*) as estimated by protein electrophoresis. Conservation Biology，9（4）：947～951

Zhang Y P, Shi L M. 1991. Genetic diversity in the Chinese pangolin (*Manis pentadactyla*)：inferred from restriction enzyme analysis of mitochondrial DNA. Biochem. Genet.，14：501～508

Zhang Y P，O. A. Ryder Fan Z Y *et al.* 1997. Sequence variation and genetic diversity in the giant panda. Science in China，40（2）：210～216

Zhang Y P, Shi L M. 1993. Phylogeny of rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) as revealed by mitochondrial DNA

restriction enzyme analysis. Int. J. Primatology., 14: 587～605
Ding B, Zhang Y P, O. A. Ryder. 1998. Extraction, PCR amplification, and sequencing of mitochondrial DNA from scent mark and feces in the giant panda. Zoo Biol., 17: 499～504

GENETIC DIVERSITY OF RARE AND ENDANGERED ANIMALS

Ding Bo, *Zhang Yaping*
(Laboratory of Cellular and Molecular Evolution, Kunming Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223)

The important aspects on conservation of rare and endangered animals and related techniques were analyzed in this paper.

Key words: Rare and endangered animals, Genetic diversity, Conservation

中国野生稻的种类、地理分布及其生物学特征

范树国　张再君　刘　林　刘鸿先　梁承邺
（中国科学院华南植物研究所，广州 510650）

摘要　本文简述了我国野生稻的发现经过、种类及其命名、地理分布、收集、整理与编目、形态学特征、解剖学特征、生物学与生态学特性和群落学特征。

关键词　野生稻　种类　地理分布　生物学特征

野生稻在世界上主要分布于热带和亚热带。由于所处生态环境的复杂性，野生稻在其漫长的进化过程中，形成了极其丰富的遗传多样性，是宝贵的种质资源。

中国南方地处热带、亚热带，气候炎热，夏日长暖，雨量充沛，十分适宜野生稻的繁衍与生长，野生稻分布很广，野生稻资源十分丰富。

1　中国野生稻的发现经过

中国是世界上原产野生稻的主要国家之一，Merrill 早在 1917 年，就在广东省东江中下游地区罗浮山麓至石龙平原发现了普通野生稻（*Oryza rufipogon* Griff.）（Merrill，1917），丁颖于 1926 年在广州郊区犀牛尾的沼泽地亦发现本种（丁颖，1957，1961），随后于广东的惠阳、增城、清远、三水西南经开平、阳江、吴川以至合浦、钦县、南经雷州半岛至海南岛，西至广西西江流域均有发现。1935 年在台湾发现的也就是这种普通野生稻（Tateoka，1963）。

1936 年，王启元在云南景洪的车里河（流沙河）曾发现药用野生稻（*Oryza officinalis* Wall. ex Watt）（云南省稻作资源考察组，1978～1981）。1954 年陈统华在广东罗定县与广西岑溪县交界的山谷低洼地上亦发现本种，广西玉林县农业技术推广站在该县六万大山山谷中发现本种，1960 年广东英德县西牛公社农技站在高坡大岭背山谷中亦发现本种，1965 年中国农业科学院水稻生态研究室在云南耿马县等处亦找到本种（广东农林学院农学系，1975；戚经文等，1964）。

1926 年，在台湾省发现了疣粒野生稻（“瘤粒野稻”）（*Oryza meyeriana* (Zoll. et Mor. ex Steud.) Baill. ssp. *tuberculata* W. C. Wu et Y. G. Lu，G. C. Wang）（丁颖，1961），1932 及 1933 年，中山大学植物研究所在海南岛崖县南山岭下和小抱扛田边发现本种（Merrill，1935），1940～1941 年，正宗（Masamune）在海南岛崖县、三亚和万宁亦有发现（丁颖稻作论文选集编辑组，1983）。1956 年，云南省思茅县农业技术推广站在普洱大河沿岸橄榄沟边亦有发现（云南省稻作资源考察组，1978～1981）。

2 中国野生稻的种类及其命名

我国有3种野生稻，即普通野生稻（*Oryza rufipogon* Griff.）、药用野生稻（*Oryza officinalis* Wall. ex Watt）和瘤粒野生稻（中国“疣粒野生稻”）（*Oryza meyeriana*（Zoll. et Mor. ex Steud.）Baill. ssp. *tuberculata* W. C. Wu et Y. G. Lu，G. C. Wang）（广东农林学院农学系，1975；邬柏梁等，1979；广西野生稻考察收集协作组，1980；吴妙 ，1981，1990，1993；潘熙淦和饶宪章，1982；广西野生稻普查考察协作组，1983，1990；全国野生稻资源考察协作组，1984；孙桂芝，1990，1993；吴万春等，1990；庞汉华和应存山，1993；俞履圻，1993；陈勇等，1993；梁能和吴惟瑞，1993；姜文正和陈武，1993；林亨芳等，1993；应存山，1993）。关于野生稻的命名则争议不少。

2.1 普通野生稻（*Oryza rufipogon* Griff.）

国际上普通野生稻的分类和命名十分混乱，迄今分布在亚洲、美洲和大洋洲的普通野生稻有15个命名（Oka，1984）。普通野生稻是世界上分布最广的稻属野生种，其自然繁殖地大多接近稻田，由于野栽自然杂交类型的多样性，在分类学上仍然存在有待解决的问题（李道远和陈成斌，1993）。

国际上常用的普通野生稻学名是：①*Oryza sativa* L. f. *spontanea* Ro－schevicz（Roschevicz，1931），指一年生。②*O. perennis* Moench（Chat－terjee，1948），包括3个稻种。③ *O. rufipogon* Griff.（Tateoka，1964），包括一年生、多年生和中间类型。④ *O. rufipogon* Griff.（Chang，1976；Vaughan，1989；Khush，1997；卢宝荣，1998），指多年生。

在我国，普通野生稻以往沿用学名为 *Oryza sativa* L. f. *spontanea*，国际上现用 *Oryza rufipogon*，将 *Oryza sativa* L. f. *spontanea* 作为野生稻与栽培稻间自然杂交产生的杂草型种系（庞汉华和应存山，1993）。

Merrill 于1917年在广东省东江中下游地区罗浮山麓至石龙平原、丁颖1926年在广州东郊犀牛尾沼泽地发现普通野生稻种（Merrill，1917；丁颖，1933），定名为 *Oryza sativa* L. f. *spontanea*。该命名最早发表于 Bull. App. Bot. 27：37（1931）（Bor，1960），在此之前，1851年已将普通野生稻命名为：*O. rufipogon* Griff.，Bot. pl. Asia 3：5，pl. 144，f. 2.（1851）（Chase，1962），1839年命名为 *O. fatua* Koen. ex Trin. in Mem. Acad. Petersb. Ser. 6. 2. II. Sc. Nat.（1839）177.（Index Kewensis）[*O. fatua* Koen. exTrin. in Mem. Acad. Sci. Petersb. Ser. 6. 2. 177（1839）nomen nudum.]（Bor，1960）。

1963年在IRRI召开的水稻遗传和细胞遗传讨论会上，推荐了三种普通野生稻的学名：推荐的第一种和第二种都是 *Oryza sativa* var. *fatua*，第三种是 *Oryza rufipogon* subsp. *rufipogon*，而没有推荐 *Oryza sativa* L. f. *spon-tanea*，笔者认为 *Oryza rufipogon* 较为合理，李道远和陈成斌（1993）认为中国普通野生稻分类学特征与张德慈1976年稻种分类中的 *Oryza rufipogon* 十分相似（仅生长习性有不同），因此这个学名适用于我国普通野生稻。吴万春（1980）也认为 *Oryza rufipogon* 较为合理，理由如下：

（1）普通野稻的形态特征和特性与稻 *Oryza sativa* 有比较显著的区别。所以普通野稻应当成为种，而不应用变种 *Oryza sativa* var. *fatua*，更不应用变型 *O. sativa* f. *spontanea*。

（2）栽培稻分为两个亚种，即籼亚种和粳亚种（Kato，1930；丁颖，1949），而普通野稻

与栽培稻之区别较之粳籼稻之间的区别为显著，故不宜用变型或变种来命名普通野生稻。

（3）从发表年限来看，*O. rufipogon*（1851）要比 *O. sativa* f. *spon-tanea*（1931）早，按照《国际植物命名法规》规则第11.3规定："对属级之下的任一分类单位，其正确名称是同一等级中最早的、可用的合法加词与其归隶的那一属或种的正确名称的组合，……"（Voss等，1981）。故不应用 *O. sativa* f. *spontanea*。*O. fatua* 为裸名（Bor，1960），也不适用。

（4）多数学者采用 *O. rufipogon* Griff.，如 Bor（1960），Chase（1962,）Tateoka（1962），星川清亲（1967），Chang（1976，1984，1985），吴万春（1980，1987，1991，1995），李文华和赵献英（1984），Vaughan（1989），Khush（1974，1997），卢宝荣（1998）。综上所述，我国普通野生稻的拉丁学名应为 *O. rufipogon* Griff.

2.2 药用野生稻（*Oryza officinalis* Wall. ex Watt）

1932～1933年在海南岛淋岭、豆守岭发现药用野生稻种，定名为 *Oryzaofficinalis* Wall.，Merrill（1940）定名为小粒野生稻种（*Oryza minuta* Presl），后鉴定为本种（丁颖稻作论文选集编辑组，1983）。

在国际上曾有两种意见，一种意见是认为上述两个种的特征、特性极相似，不能区分为两个种，其拉丁学名用 *O. minuta*，而将 *O. officinalis* 作其异名（Backer，1946；Bor，1960；广东省植物研究所，1977）；另一种意见认为，两者虽然在形态上有些相似，但仍然可以分为两个种（Roschevicz，1931；Chatterjee，1948；Chase，1962；Khush，1974，1997；Tateoka，1962；Tateoka等 Pancho，1963；Nayar，1973；Chang，1976，1984，1985；吴万春，1980，1987，1991，1995；Vaughan，1989；卢宝荣，1998），因为在小穗宽度、园锥花序大小、下部节分枝的多少、株高以及染色体数目等方面二者都明显不同。我国发现的药用野生稻染色体数目为 2n=24，与 *Oryza officinalis* 相同，不同于 *Oryza minuta* 的 2n=48，故我国药用野稻的拉丁学名为 *Oryza officinalis* Wall. ex Watt，目前，药用野稻的学名国内外是一致的，都称为 *Oryza officinalis* Wall. ex Watt。

2.3 瘤粒野稻（*Oryza meyeriana*（Zoll. et Mor. ex Steud.）Baill. ssp. *tuberculata* W. C. Wu et Y. G. Lu，G. C. Wang）

疣粒野生稻于1926年在台湾省被发现，后又于1932和1933年由中山大学植物研究所在海南岛崖县南山岭下及小抱扛田边被发现，命名为 *Oryza me－yeriana* Baill.（丁颖稻作论文选集编辑组，1983）。耿以礼和耿伯介（1959，1965）也以野稻 *Oryza meyeriana* Baill. 记载。广西植物研究所（1973）以野稻 *Oryza meyeriana*（Zoll. et Mor.）Baill. subsp. *granulata*（Nees et Arn.）Tateoka 列入《广西植物名录》中。广东农林学院农学系（1975）又以疣粒野生稻 *Oryza meyeriana* 记载。《中国高等植物图鉴》（1976）也以《广西植物名录》同样的名称记载。《海南植物志》（1977）又定为 *Oryza meyeriana* Baill.。吴万春（1980）认为应定为 *Oryza meyeriana* Baill. subsp. *granulata*（Nees et Arn. ex Watt）Tateoka。但闵绍楷和熊振民（1983）、《中国稻作学》（1986）以及 Chang（1976，1984，1985）都仍用 *Oryza meyeriana*。李文华和赵献英（1984）以疣粒野稻 *Oryza granulata* Nees et Arn. ex Steud. 列入《中华人民共和国野生植物资源保护条例》附件——国家重点保护植物名录（1982）。《中国珍稀濒危保护植物名录》（第一册）（1987）以 *Oryza granulata* Nees et Arn. ex Hook. f. 记载。《广东珍稀濒危植物图谱》（1988）以野稻，别名：鬼稻、疣粒野稻 *Oryza meyeriana* var. *granulata*

(Watt) Duist. 记载。吴万春等（1990，1995）根据小穗长度、内外稃（谷壳）表面电镜扫描的形态观察，认为中国“疣粒野稻”与颗粒野稻（*Oryza meyeriana* ssp. *granulata*）和疣粒野稻（*Oryza meyeriana* ssp. *meyeriana*）均有明显区别；在地理分布方面也与上二亚种不同，故将中国“疣粒野稻”另立一新亚种，为瘤粒野稻（*Oryza meyeriana* (Zoll. et Mor. ex Steud.) Baill. ssp. *tuberculata* W. C. Wu et Y. G. Lu，G. C. Wang)。傅立国（1992）以疣粒野生稻 *Oryza meyeriana* Baill. ssp. *granulata* Nees et Arn. ex Watt. 列入《中国植物红皮书》（第一册）中。1993 年出版的《中国的生物多样性》以 *Oryza granulata* 疣粒野生稻记载。可见，至今观点尚有分歧，值得进一步研究。笔者认为吴万春（1995）的命名似较合理，故本文采用之。

3 中国野生稻的地理分布

1963 年，原中国农业科学院水稻生态研究室对广东、广西、云南三省（区）部分地区进行了野生稻的种类和地理分布的调查。1978～1982 年，对野生稻进行了全国性的普查与考察，这次对我国野生稻资源的普查与考察工作，是由中国农业科学院主持，参加协作组的有广东、广西、云南、江西、福建、湖南、湖北、安徽等省（自治区）农业科学院、贵州省黔西南州农科所和江西省樟树农校。1994 年 9 月～1995 年 1 月以及 1995 年 9 月～11 月，中国科学院植物研究所同云南省农科院、思茅地区农科所、广西科学院、广西植物所、广西农科院、南宁市江西乡农技站等单位两次考察了野生稻分布集中的广西、云南、广东、海南和湖南 5 个省（区），对中国野生稻的种类和地理分布有了较清楚的了解（广东农林学院农学系，1975；邬柏梁等，1979；广西野生稻考察收集协作组，1980；吴妙燊，1981，1990，1993；潘熙淦和饶宪章，1982；广西野生稻普查考察协作组，1983，1990；全国野生稻资源考察协作组，1994；孙桂芝，1990，1993；吴万春等，1990；庞汉华和应存山，1993；俞履圻，1993；陈勇等，1993；梁能和吴惟瑞，1993；姜文正和陈武，1993；林亨芳等，1993；应存山，1993；高立志等，1996，1998)。现将中国野生稻的地理分布特征归纳成表 1：

4 中国野生稻资源的收集、整理与编目

经过 1963 年以及 1978～1982 年的野生稻资源的普查与考察，收集到大批野生稻资源，之后，对野生稻资源进行了一系列的研究，“七五”期间，编写了《中国稻种资源目录》（野生稻种），由农业出版社于 1991 年出版（黄清港和盛锦山，1991）。编入野生稻资源目录的主要内容有学名、采集地、生长习性、始穗期、茎基部色、叶舌形状、芒性、柱头色、花药长度、地下茎有无、内外颖色、种皮色、外观品质、百粒重、谷粒长宽、生育周期、抗病性等 20 多个项目，为野生稻资源的利用提供了基本资料。编入野生稻资源目录的共有 4 655 份，其中原产中国的有 4 447 份（包括普通野生稻 3 733 份，药用野生稻 670 份，瘤粒野生稻 44 份），由外国引进的 20 多个野生种及杂草种的种质（庞汉华和应存山，1993）。

表1　中国野生稻的地理分布

	普通野生稻 *O. rufipogon* Griff	药用野生稻 *O. officinalis* Wall. et Watt	瘤粒野稻 (*Oryza meyeriana* (Zoll. et Mor. ex Steud.) Baill. subsp. *tuberculata* W. C. Wu et Y. G. Lu, G. C. Wang)
跨跃纬度	18°09′N～28°14′N 海南省三亚市 江西省东乡县东沅	18°18′N～24°17′N 海南省三亚市荔枝沟 广东省英德县	18°15′N～24°55′N 海南省三亚市南山岭 云南省盈江县城关
跨跃经度	100°40′E～12°15′E 云南省景洪县景洪 台湾省桃园县	99°05′E～113°07′E 广东省英德县浛洸 云南省耿马县孟定	97°56′E～120°E 云南省盈江县昔马 台湾省新竹县
最高海拔	700 m	450 m（两广） 1 000 m（云南）	800 m（海南） 1 100 m（云南）
	O. rufipogon Griff	*O. officinalis* Wall. ex Watt	(*Oryza meyeriana* (Zoll. et Mor. ex Steud.) Baill. subsp. *tuberculata* W. C. Wu et Y. G. Lu, G. C. Wang)
最低海拔	2.5 m	25 m（两广）50 m（海南） 88 m（云南）	425 m（云南）
最适海拔	<130 m	<200 m（两广） 520～1 000 m（云南）	50～400 m（海南） 600～800 m（云南）
自然分布区	1. 海南岛区 2. 两广大陆区(包括两广大陆、湖南的江永和福建的漳浦) 3. 云南区(景洪和元江) 4. 湘赣区(湖南的茶陵和江西的东乡) 5. 台湾区(桃园和新竹)	1. 海南岛区 2. 两广大陆区(包括两广大陆、湖南的江永和福建的漳浦) 3. 云南区(景洪和元江)	1. 海南岛区 2. 云南区(景洪和元江) 3. 台湾区(桃园和新竹)

表2　全国统一编号的野生稻资源份数及其产地

产地与省（区）代号	统一编号	份数	保存单位及地点
广东 YD1	YD1—0001～2329	2 329	广东农科院水稻所，广州
广西 YD2	YD2—0001～1790	1 790	广西农科院品资所，南宁
云南 YD3	YD3—0001～0051	51	云南农科院品资站，昆明
江西 YD4	YD4—0001～0173	173	江西农科院水稻所，南昌
福建 YD5	YD5—0001～0004	4	福建农科院稻麦所，福州
湖南 YD6	YD6—0001～0100	100	湖南农科院水稻所，长沙
国外 WYD	WYD—0001～0208	208	中国水稻所，杭州 中国农科院品资所，北京 广西农科院品资所，南宁
合计		4 655	

近年来又考察、收集了大批野生稻资源，经整理、鉴定编入目录的有6 945个编号（庞

汉华，1996)。

5 中国野生稻的形态学特征

三种野生稻的形态学特征已有描述（耿以礼和耿伯介，1959，1965；广东农林学院农学系，1975；中国科学院北京植物研究所，1976；邬柏梁等，1979；广西野生稻考察收集协作组，1980；吴妙燊，1981，1990，1993；潘熙淦和饶宪章，1982；广西野生稻普查考察协作组，1983，1990；全国野生稻资源考察协作组，1984；孙桂芝，1990，1993；王国昌和卢永根，1991；傅立国，1992；庞汉华和应存山，1993；俞履圻，1993；陈勇等，1993；梁能和吴惟瑞，1993；姜文正和陈武，1993；林亨芳等，1993；应存山，1993；韩素珍和徐雪宾，1994；汤圣祥和张文绪，1996)，现将野生稻的形态学特征列成表 3。

表 3 三种野生稻的形态学特征

野生稻种	普通野生稻	药用野生稻	瘤粒野稻
根	具强大的须根系，具不定根，能宿根越冬	属发达的纤维根，能宿根越冬	根系不发达，须根具地下茎，能宿根越冬
茎			
株高	60～300cm，一般 100～250cm	100～480cm，一般 200～300cm	40～60cm，最高 100cm
地上茎节	6～12 个，一般 6～8 个	大多数无地上分枝	少有
分蘖力	强	弱	极强
叶			
叶形	披针形，狭长	宽大，阔长	象竹子，披针形
叶耳	黄绿色或淡紫色，具茸毛	黄绿色	不明显
叶舌	膜质，顶部尖二裂，无茸毛	短，呈三角形	短而平
叶枕	无色或紫色	无色	无色
基部叶鞘	紫，淡紫或绿色	淡绿色	无色或微带紫色
穗			
穗枝	散生	散生	无
穗颈	较长	特长，约 21～70cm，最长 142cm	短，细长
枝梗	少，一般无第二枝梗	一般无第二枝梗	无第一枝梗
粒数	20～60 粒/穗	200～500 粒/穗	10～21 粒/穗
谷粒和花粉形态			
形状大小	细长，狭长形	细小，略扁	
	长 7.0～9.0mm	长 4.0～5.0mm	长 5.0～6.0mm
	宽 2.0～2.7mm	宽 2.0～2.5mm	宽 2.0～3.0mm
	L/W>3.1	L/W=2	L/W=2.5
谷粒表面的 形态特征	由排列整齐、分布均匀的乳头状突起组成，具有粗刺毛和纤细毛	由排列整齐、分布均匀的乳头状突起组成，具有粗刺毛和纤细毛	由分布不均匀的小瘤状突起组成，具有钩毛和纤细毛

（续）

野生稻种	普通野生稻	药用野生稻	瘤粒野稻
内外颖	淡绿色（开花时）	青绿色（开花时）	青色（开花时）
	灰褐色或黑褐色（成熟时）	灰褐色（成熟时）	黑褐色（成熟时）
外稃表面乳突结构	"中间型"双峰乳突	"褶皱型"双峰乳突	"雀形多瘤"双峰乳突
芒	浅红色，坚硬芒或无芒	短芒或顶芒	无芒
花药形态	长宽饱满型	近柱型	近长条型
花粉壁表面结构	由排列整齐的长形细胞组成	由两类细胞组成，一类是排列整齐的细胞，另一类是大小不均等、排列不呈条状的细胞	由两类细胞组成，一类是排列整齐的细胞，另一类是大小不均等、排列不呈条状的细胞
柱头	紫色或无色，外露羽毛状	紫色，外露	白色，外露
结实率	低	较高	较高
脱粒性	极易	极易	易
米粒	红色、红褐色	红色、虾肉色	淡红色
胚	与栽培稻相同	与栽培稻相同	胚的腹面缺腹鳞、左右侧鳞及胚芽鞘抽出口

6 中国野生稻的解剖学特征

三种野生稻的解剖学特征已有报道（徐是雄等，1984；陈志强和黄超武，1987；陈志强等，1991；庞汉华和应存山，1993；陈飞鹏和吴万春，1994），现将野生稻的解剖学特征列成表4。

表4 三种野生稻的解剖学特征

野生稻种	普通野生稻	药用野生稻	瘤粒野稻
叶片叶绿体性状超微结构	基粒数和基粒片层数少，基粒密度低，但基质片层数较多，具较多的嗜锇颗粒积累（直立型）匍匐类型没有淀粉积累		
茎叶解剖结构	节间具完整中空通气腔	具节间通气腔	节间无通气腔
	气腔的周围光滑无物	具有膜状物	无
	叶片主脉具大气腔	叶片主脉具大气腔	无
	叶片最厚	次之	较薄
	叶片大维管束有破生通气道	叶片大维管束有破生通气道	无
	叶肉细胞排列紧密	疏松	疏松
	叶表呈现明显的峰和沟	叶表十分扁平	叶表十分扁平
厚壁组织发育	在外环小维管束的厚壁束鞘伸延出"人"或"八"字形的厚壁组织带	在外环小维管束的厚壁束鞘伸延出"人"或"八"字形的厚壁组织带	节间中在3～4层小型薄壁细胞的内侧形成一厚壁组织环

（续）

野生稻种	普通野生稻	药用野生稻	瘤粒野稻
叶片泡状细胞形态	中间为一个大型薄壁细胞，两侧各排着一至多个小型薄壁细胞，着生深度一般都没有达到叶肉细胞组织厚度的一半	呈扇形，由6～7个薄壁细胞组成	呈弧形，由6～7个薄壁细胞组成
叶表上气孔的特点	气孔口处于叶表面，边缘的乳头状突起排列在气孔口两边，甚至还遮在气孔口上面	气孔口处于叶表面，边缘的乳头状突起排列在气孔口两边，甚至还遮在气孔口上面	气孔下陷
叶表上乳头状突起分布	呈不规则的零散分布	呈不规则的零散分布	呈有规则的纵列形式分布
气孔的分布特点	在硅化/木栓细胞列两旁各分布2～3排气孔列，列与列之间的气孔是相间排列的	上表皮在硅化/木栓细胞列两旁各只有一列气孔，而下表皮呈二纵列形式分布	在硅化/木栓细胞列的两旁以单列的形式出现
维管束结构的发育	叶片维管束上下机械组织延伸较发达	次之	都不发达
根状茎	表皮由一层细胞组成，表皮下为2层的厚壁细胞，接着是薄壁组织、维管束和气腔，中部是一大髓腔。维管束分内外两轮，排列很有规律。外轮维管束数量较小，维管束与气腔相间排列，气腔内光滑无物。外轮维管束较小，下方的维管束鞘有4～5层细胞，原生木质部无气隙	表皮由一层细胞组成，表皮下为一层的厚壁细胞，接着是薄壁组织、维管束和气腔，中部为一髓腔。维管束分内外两轮，分布不平均。外轮维管束与气腔相间排列，气腔大小不一，气腔内有膜状物。外轮维管束较小，原生木质部无气隙	表皮由一层细胞组成，表皮下有几层的厚壁细胞，内方为薄壁组织、厚壁组织环和维管束，中部无髓腔。外轮维管束生于厚壁组织环中，环内方的维管束则散生。维管束之间无气腔。维管束内原生木质部中无气隙
	内轮维管束数量较多，大致上与外轮维管束和气腔相对而生。内轮维管束较大，下方的维管束鞘有2～3层细胞，一般有气隙	内轮维管束中较大的维管束原生木质部中有气隙的形成	
外轮维管束与内轮维管束的数量之比为1：2	外轮维管束与内轮维管束的比例大致为1：2		

普通野生稻主要分布于沼泽地、草塘和溪河沿岸，多在向阳的水生环境中生长。药用野生稻分布于寡照的山谷和山坑肥沃荫蔽的湿生环境。疣粒野生稻生长于山地、丘陵或河谷两岸的荫蔽灌木丛中，为陆生植物，适应荫蔽旱生环境，耐旱性强（中国农业科学院，1986；广东农林学院农学系，1975；广西野生稻考察收集协作组，1980；陈志强和黄超武，1987；陈飞鹏和吴万春，1994）。从我国三种野生稻解剖结构观察结果可以看出，其形态解剖特征与其地理分布的生态条件是相一致的，说明普通野生稻、药用野生稻和瘤粒野生稻三者分别适应于水生开阳、湿生寡照和旱生荫蔽的生态环境。

7 中国野生稻的生物学与生态学特性

野生稻的生物学与生态学特性已有报道（耿以礼和耿伯介，1959；广东农林学院农学系，1975；中国科学院北京植物研究所，1976；邬柏梁等，1979；广西野生稻考察收集协作组，1980；吴妙燊，1981，1990，1993；潘熙淦和饶宪章，1982；广西野生稻普查考察协作组，1983，1990；全国野生稻资源考察协作组，1984；孙桂芝，1990，1993；傅立国，1992；庞汉华和应山，1993；俞履圻，1993；陈勇等；1993；梁能和吴惟瑞；1993；姜文正和陈武，1993；林亨芳等，1993；应存山，1993；汤圣祥和张文绪，1996；高立志等，1996），现将野生稻的生态学特性列表5。

表5 野生稻的生物学与生态学特性

野生稻种	普通野生稻	药用野生稻	疣粒野稻
	多年生水生植物	多年生草本	多年生旱生草本
根	宿根性强	根系及地下茎均发达，宿根性强	宿根性强
结实率	20%～90%	高	高
种子休眠期	很长	长	最长
土壤 pH	6.0～7.0	5.5～6.5	5.0～7.0
抽穗期 纬度高的地区抽穗早	纬度高的地区抽穗早	纬度高的地区抽穗早	
	纬度低的地区抽穗迟	纬度低的地区抽穗迟	纬度低的地区抽穗迟
光温特征	光温、感光性强	喜温暖而宜荫凉，	感光性弱，感温性
	喜光、喜温、喜湿	宜潮湿而不宜深水，感光性强	强，耐荫，耐旱性强

8 中国野生稻的群落学特征

野生稻的群落学特征的报道很少（高立志等，1996），现归纳成表6：

表6 野生稻的群落学特征

野生稻种	普通野生稻	药用野生稻	疣粒野稻
群落总盖度	50%～95%	70%～90%	50%～70%
常见植物	14科27属31种	6科17属18种	23种
野生稻盖度	10%～90%	5%～50%	5%～80%
优势种	9种	10种	23种
群落高度	50～100cm	200～300cm	
成层情况	挺水植物	乔木层	乔木层
	浮水植物	灌木层	灌木层
	沉水植物	草本层	草本层

参考文献

丁颖.1933. 中华农学会报，(114)：204～217

丁颖.1949. 中国古代粳籼稻种栽培及分布之探讨与现在栽培稻种分类法预报. 国立中山大学农学院农艺专刊，(6)：1～33
丁颖.1957. 中国栽培稻种的起源及其演变. 农业学报，8 (3)：243～260
丁颖.1961. 中国水稻栽培学. 北京：农业出版社，13～16
丁颖稻作论文选集编辑组.1983. 中国稻作之起源. 北京：农业出版社，19
广东农林学院农学系.1975. 我国野生稻的种类及其地理分布. 遗传学报，2 (1)：31～36
广东省植物研究所（编辑）.1977. 海南植物志，4：395～397
广东省环境保护局，中国科学院华南植物研究所.1988. 广东珍稀濒危植物图谱. 北京：中国环境科学出版社，42
广西植物研究所.1973. 广西植物名录（第三册）.159
广西野生稻考察收集协作组.1980. 广西野生稻. 农业科技通讯，(8)：13
广西野生稻普查考察协作组.1983. 广西野生稻的地理分布及其特征特性. 作物品种资源，1：12～17
广西野生稻普查考察协作组.1990. 广西野生稻的地理分布及其特征特性. 见：吴妙燊（主编）. 野生稻资源研究论文选编. 北京：中国科学技术出版社，26～30
中国农业科学院.1986. 中国稻作学. 北京：农业出版社，39～49
中国科学院北京植物研究所（主编）.1976. 中国高等植物图鉴（第五册）. 北京：科学出版社，43～44
王国昌，卢永根.1991. 我国三个野生稻种谷粒和花粉形态的扫描电镜观察. 中国水稻科学，5 (1)：7～12
云南省稻作资源考察组.1978～1981. 云南省稻种资源总结报告
孙桂芝.1990. 湖南野生稻的生境及其特征、特性研究. 见：吴妙燊（主编）. 野生稻资源研究论文选编. 北京：中国科学技术出版社，31～34
卢宝荣.1998. 稻种遗传资源多样性的开发利用和保护. 生物多样性，6 (1)：63～72
全国野生稻资源考察协作组.1984. 我国野生稻资源的普查与考察. 中国农业科学，(6)：27～34
李文华，赵献英（编著）.1984. 中国的自然保护区. 北京：商务印书馆，222
李道远，陈成斌.1993. 中国普通野生稻的分类学问题探讨. 西南农业学报，6 (1)：1～6
汤圣祥，张文绪.1996. 三种原产中国的野生稻和栽培稻外稃表面乳突结构的比较观察研究. 中国水稻科学，10 (1)：19～22
邬柏梁，何国成，白国章等.1979. 我国东乡一带发现野生稻. 江西农业科技，(2)：6～7
闵绍楷，熊振民.1983. 水稻遗传和品种改良. 杭州：浙江科学技术出版社，6
陈飞鹏，吴万春.1994. 中国三种野生稻根状茎解剖的比较研究. 华南农业大学学报，15 (2)：81～84
陈灵芝.1993. 中国的生物多样性：现状及其保护对策. 北京：科学出版社
陈志强，黄超武.1987. 中国三种野生稻种茎叶解剖的比较研究. 中国科学（B辑），(3)：273～279
陈志强，黄超武，章潜才.1991. 普通野生稻和栽培稻叶片叶绿体性状超微结构比较研究. 华南农业大学学报，12 (1)：10～15
陈成斌，王喆.1990. 野生稻花药一次培养成苗初报. 见：吴妙燊（主编）. 野生稻资源研究论文选编. 北京：中国科学技术出版社，129～131
应存山.1992. 中国稻种资源的研究进展. 中国水稻科学，6 (3)：142～144
汪松，陈灵芝.1990. 中国未来经济发展与生物多样性的维护、永续利用和研究. 见：中国科学院生物科学与技术局（编）. 中国科学院生物多样性研讨会会议录
吴万春.1980. 对中国野生稻命名的浅见. 华南农学院学报，1 (1)：128～132
吴万春.1987. 对稻属植物各种的中文名称命名的意见. 华南农业大学学报，8 (1)：25～28
吴万春，徐雪宾.1988. 对稻二亚种命名的意见. 中国水稻科学，2 (1)：36～39
吴万春，卢永根，王国昌.1990. 中国"疣粒野稻"拉丁学名和中名的订正. 中国水稻科学，4 (1)：33～37
吴万春.1991. 稻属植物分种检索表的探讨. 中国水稻科学，5 (4)：180～182

吴万春.1995. 稻属植物分类研究的进展. 华南农业大学学报，16（4）：115～122

吴妙燊.1981. 浅谈广西野生稻的分布. 遗传，3（3）：36～37

吴妙燊.1990. 广西野生稻资源考察报告. 见：吴妙燊（主编）. 野生稻资源 研究论文选编. 北京：中国科学技术出版社，17～21

吴妙燊.1990. 广西野生稻资源普查、考察、搜集——成果简介和经验体会. 见：吴妙燊（主编）. 野生稻资源研究论文选编. 北京：中国科学技术出版社，22～25

吴妙燊.1990. 我国野生稻资源目前研究的主要进展. 见:吴妙燊（主编）. 野生稻资源研究论文选编. 北京：中国科学技术出版社，190～195

吴妙燊.1993. 广西野生稻资源. 见：应存山（主编）. 中国稻种资源. 北京：中国农业科技出版社，241～260

国家环境保护局，中国科学院植物研究所.1987. 中国珍稀濒危保护植物名录（第一册）. 北京：科学出版社，21

庞汉华，应存山.1993. 中国野生稻的种类、地理分布与研究利用. 见：应存 山（主编）. 中国稻种资源. 北京：中国农业科技出版社，17～28

庞汉华.1996. 建立野生稻原地自然保护点已刻不容缓. 作物品种资源，4：22～24

俞履圻.1993. 中国野生稻的种类与分布. 见：刘后利（主编）. 作物育种研 究与进展（第一集）. 北京：农业出版社，109～121

徐是雄，徐雪宾，何远康等.1984. 稻的形态与解剖. 北京：农业出版社，29

耿以礼，耿伯介.1959. 中国主要植物图说（禾本科）. 北京：科学出版社，629

耿以礼，耿伯介.1965. 中国主要植物图说（禾本科）. 北京：科学出版社，629

高立志，张寿洲，周毅等.1996. 中国野生稻的现状调查. 生物多样性，4（3）：160～166

黄清港，盛锦山（主编）.1991. 中国稻种资源目录（野生稻种）. 北京：农业出版社

傅立国.1992. 中国植物红皮书（第一册）. 北京：科学出版社，314 ～316

韩惠珍，徐雪宾.1994. 中国三种野生稻胚的形态学观察. 中国水稻科学，8（1）：73～78

潘熙淦，饶宪章.1982. 江西东乡野生稻考察及特性鉴定报告. 江西农业科技，(7)：5～9

Chang, T. T. 1976. The origin, evolution, cultivation, dissemination and diversification of Asian and African rices. Euphytica, 25: 435～441

Chang, T. T. 1976. Manual on Genetic Conservation of Rice Germplasm for Evolution and Utilization. Philippines: IRRI, 77

Chang, T. T. 1976. *Oryza sativa* and *Oryza glaberrima*. In: Simmonds, N. W (ed.). Evolution of Crop Plants. London: Longman Group Ltd., 98～104

Chang, T. T. 1984. Conservation of rice genetic resources: Luxury or Neccessity? Science, 224 (4646): 251～256

Chang, T. T. 1985. Crop history and genetic conservaton: Rice——a case study. Iowa State J. Res, 50 (3): 425～455

Chatterjee, D. 1948. A modified key and enumeration of the species of *Oryza* L. Indian J. Agr. Sci., 18 (13): 185～192

Kato, S. 1930. On the affinity of the cultivated varieties of rice plants, *Oryza sativa* L. J. Dept. Agr., Kyushu Imp. Univ. 2 (9): 241～275

Khush, G. S. 1997. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. Plant Mol. Biol., 35 (1): 25～34

Merrill, E. D. 1917. *Oryza sativa* L. Philip. J. Sci., (12): 2

Merrill, E. D. 1935. A sixth supplementary list of Hainan plants. Lingnan Sci. J., 14 (1): 1～2

Merrill, E. D., W. Y. Chun. 1940. Additions to our knowledge of the Hainan Flora, III. *Sunyatsenia*, 5

(1～3)：1～3

Oka H I. 1984. Evolutionary genetics in rice. Nat. Inst. of Gen. Misima, 411, Japan. 3～45

Roschevicz, R. J. 1931. A contribution to the knowledge of rice. Bull. Appl. Bot. Genet., Plant Breed, 27 (4): 31～33 (in Russ.)

Tateoka, T. 1962. Taxonomic studies of *Oryza*, II. Several species complexes. Bot. Mag., 75: 455～461

Tateoka, T. 1963. Taxonomic studies of *Oryza*, III. Key to the species and their enumeration. Bot. Mag., 76: 165～173

Tateoka, T., J. V. Pancho. 1963. A Cytotaxonomic Study of *Oryza minuta* and *O. officinalis*. Bot. Mag., 76: 366～373

Vaugh, D. A. 1989. The genus *Oryza* L. current status of taxonomy. IRPS., 138: 2～21

Voss, E. G. *et al*. 1981. International Code of Botanical Nomenclature, Adopted by the Thirteenth International Botanical Congress, Sydney, August 1981. 11, 36, 37

Voss, E. G. *et al*. 赵士洞译. 1984. 国际植物命名法规. 北京：科学出版社

THE SPECIES, GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF WILD RICE AND THEIR BIOLOGICAL CHARACTERISTICS IN CHINA

Fan Shuguo, Zhang Zaijun, Liu Lin, Liu Hongxian, Liang Chengye
(South China Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences,
Guangzhou 510650)

This paper deals with the discovery history of wild rice, the species and their nomenclature, geographical distribution, collection, documentation and catalogue, morphological characteristics, anatomical characteristics, biological and ecological characteristics and populational characteristics of wild rice in China.

Key words: Wild rice, Species, Geographical distribution, Biological characteristics

稻种遗传资源的多样性

范树国　张再君　刘林　刘鸿先　梁承邺

（中国科学院华南植物研究所，广州 510650）

摘要　本文探讨了稻种遗传资源的多样性，对稻属植物的分类研究作了简要的综述，并提出了新的稻属分类系统。

关键词　稻属　遗传资源　多样性　分类学　种

水稻（*Oryza sativa* L.）是我国乃至世界的主要粮食作物。是世界第二大谷类作物，目前年产量约 5.8 亿 t，是全球近一半人口的主要热量来源。在我国，其总面积、总产量和单位面积产量均居全国粮食作物的首位（林世成和闵绍楷，1991）。

水稻虽是半水生作物，却是世界上栽培适应性最广的作物之一。地理分布主要在热带和亚热带（23°17′N～23°17′S）。自亚洲的 50°N（中国黑龙江省漠河），欧洲的 49°N，至南美洲的 40°S（阿根廷中部）和大洋洲的 35°S（澳大利亚新南威尔士）。海拔低至亚洲大河流三角洲的海平面及以下地区（印度的 Kerala），高至喜马拉雅山区 3 000m 以上。在泰国，浮水稻在水深达 4m 的地区种植。在巴西，陆稻像小麦、玉米等旱地作物一样栽培（黄超武，1995）。

全世界约有 112 个种稻国家，以 1997 年为例，稻作种植面积约 1.498 亿 hm^2，年产稻谷约 5.733 亿 t，平均单产约 3.827t/hm^2。根据水分状况、土壤条件、水稻生态环境可将稻分为灌溉稻、天水水稻、深水水稻、陆稻及潮汐水稻共五个类型。每一类型又可分为几个亚类（IRRI，1985）。至 1995 年底，40.8 万份水稻样品保存于菲律宾国际水稻所、中国、印度、美国和泰国的种质库中（娄希祉等，1996）。中国现已鉴定编目稻种资源 71 790 份，入库保存 64 189 份，野生稻入圃保存 8 632 份（郑殿升，1996；罗利军，1998）。

世界稻属（*Oryza* L.）植物的种数有多少，各说不一。自从 Linnaeus 于 1753 年确立普通栽培稻学名为 *Oryza sativa* L. 以来，有许多学者对稻属植物作了分类研究，最早发表稻属专著的是 Prodoehl（1922），当时他描述了 17 个种，随后有 Roschevicz（1931），Chevalier（1932），Sasaki（1935），Chatterjee（1948），耿以礼和耿伯介（1959，1965），Bor（1960），Sampath（1961，1962，1964），Tateoka（1962，1963，1964，1965），立冈（1962，1963，1964），IRRI（1964），Nayar（1973），Khush（1974，1997），Chang（1976，1984，1985），吴万春（1980，1987，1991，1995），Morishima（1984），Duistermaat（1987），Vaughan（1989），Khush（1997），卢宝荣（1998）等相继对稻属分类和种的命名进行修订和归纳。其中苏联的 Roschevicz 对稻属的分类具有奠基性的贡献。他整理了过去许多种名，定出 19 个种、2 个变型（*Oryzasativaf. spontanea* 和 *Oryza sativa* f. *aquatica*）和一个未经描述的种（*de—wildemanii*），并根据形态的相似性将这些种划分为 4 个区组（Section）：*Sativa*、*Granulata*、*Coarctata* 及 *Rhynchoryza*。其中以 *Sativa* 区组最大，包括亚洲栽培稻（*Oryza sativa*）与非洲栽培稻（*Oryza*

glaberrima）及与其形态相近的其他 12 个野生稻种；耿以礼等（1959）认为稻属有 10 种，后来（1965）又说有 20 种；Bor（1960）记载的有 14 种和 2 变种；Sampath（1962）首次应用细胞遗传学资料对稻属分类作了补充与修改。Tateoka（1963）在参观了稻属分类上许多重要的标本并在几次采集旅行中观察了大量活的植物标本之后，对稻属分类进行了较为详细的订正；Nayar（1973）在表上列出了 26 种；Khush（1974）在表上列出有 23 种、3 亚种和 2 变种，后来（1997）又将稻属分成 23 种；吴万春（1980，1987）将世界稻属植物列为 22 种，后来（1991，1995）又将稻属分为 20 种，3 亚种。《海南植物志》第 4 卷（1977）说有 25 种；1963 年在菲律宾国际水稻所（IRRI）召开的水稻遗传学和细胞遗传学讨论会上，对于稻属中特性不同，确有根据的种，提出 19 个种；张德慈在 1976 年列举了 20 个种，后经张德慈（1985）研究总结归纳为 22 种；卢宝荣（1998）在表上列出了 24 种。近年，印度在安达曼群岛拉特兰发现 1 个新种，定名为，*Oryza indandamanica*，形态上类似疣粒野生稻，染色体 2n＝24（黄超武，1995）。

现将不同分类学家对稻种分类处理的异同列成表 1。

表 1 稻属植物各类群的加词对比表（参照 Nayar（1973）**略有增删**

Roschevicz (1931)	Chatterjee (1948)	Tateoka (1963)	Nayar (1973)	Chang T. T. (1976)	D. A. Vaughan (1989)	Gurdev S. Khush (1997)	卢宝荣 (1998)
1. *sativa*	*sativa*	*sativa*	*sativa*	*sativa*	*sativa*	*sativa*	*sativa*
2. *sativa* f. *spontanea*	*sativa* var. *fatua*		*rufipogon*	*nivara*	*nivara*	*nivara*	*nivara*
3. *sativa* f. *aquatica*		*rufipogon*	*rufipogon*	*rufipogon*	*rufipogon*	*rufipogon*	*rufipogon*
4. *longistaminata*	*perennis*	*barthii*	*longistaminata*	*longistaminata*	*longistaminata*	*longistaminata*	*longistaminata*
5. *dewildemanii*	*perennis*	*barthii*	*longistaminata*				
6. *grandiglumis*	*grandiglumis*	*grandiglumis*	*grandiglumis*	*grandiglumis*	*grandiglumis*	*grandiglumis*	*grandiglumis*
7. *punctata*	*punctata*	*punctata*	*punctata*	*punctata*	*punctata*	*punctata*	*punctata*
8.	*eichingeri*	*eichingeri*	*eichingeri*	*eichingeri*	*eichingeri*	*eichingeri*	*eichingeri*
9. *stapfii*	*stapfii*	*breviligulata*	*stapfii*				
10. *breviligulata*	*breviligulata*	*breviligulata*	*barthii*	*barthii*	*barthii*	*breviligulata*	*barthii*
11. *australiensis*	*australiensis*	*australiensis*	*australiensis*	*australiensis*	*australiensis*	*australiensis*	*australiensis*
12. *glaberrima*	*glaberrima*	*glaberrima*	*glaberrima*	*glaberrima*	*glaberrima*	*glaberrima*	*glaberrima*
13. *latifolia*	*latifolia*	*latifolia*	*latifolia*	*latifolia*	*latifolia*	*latifolia*	*latifolia*
14.	*alta*	*alta*	*alta*	*alta*	*alta*	*alta*	*alta*
15. *schweinfur-thiana*	*punctata*	*punctata*	*schweinfur-thi-ana*				
16. *officinalis*	*officinalis*	*officinalis* ssp. *officinalis*	*officinalis*	*officinalis*	*officinalis*	*officinalis*	*officinalis*
17. *minuta*	*minuta*	*minuta*	*minuta*	*minuta*	*minuta*	*minuta*	*minuta*
18. *granulata*	*granulata*	*meyeriana* ssp. *granulata*	*granulata*	*granulata*	*granulata*	*gramulata*	*granulata*
19. *granulata*+*abromeitiana*		*meyeriana* ssp. *meyeriana*	*meyeriana*	*meyeriana*	*meyeriana*	*meyeriana*	*meyeriana*
20. *abromeitiana*	*meyeriana*	*meyeriana* ssp. *abromeitiana*					

（续）

Roschevicz (1931)	Chatterjee (1948)	Tateoka (1963)	Nayar (1973)	Chang T. T. (1976)	D. A. Vaughan (1989)	Gurdev S. Khush (1997)	卢宝荣 (1998)
21. *schlechteri*	*schlechteri*	*schlechteri*	*schlechteri*	*schlechteri*	*schlechteri*	*schlechteri*	*schlechteri*
22.		*longiglumis*	*longiglumis*	*longiglumis*	*longiglumis*	*longiglumis*	*longiglumis*
23. *ridleyi*	*ridleyi*	*ridleyi*	*ridleyi*	*ridleyi*	*ridleyi*	*ridleyi*	*ridleyi*
24. *coarctata*	*coarctata*	*coarctata* *Porteresia coarctata* (1965)	*Sclerophyllum coarctatum*				
25. *brachyantha*	*brachyantha*	*brachyantha*	*brachyantha*	*brachyantha*	*brachyantha*	*brachyantha*	*brachyantha*
26.		*angustifolia*	*Leersia angustifolia*				
27. *subulata*	*subulata*	*Rhynchoryza subulata*	*Rhynchoryza subulata*				
28.	*perrieri*	*perrieri*	*Leersia perrieri*				
29.	tisseranti	tisseranti	tisseranti 30.		*glumaepatula*	*glumaepatula*	*glumaepatula*
31.					*meridionalis*	*meridionalis*	*meridionalis*
32.						*rhizomatis*	*rhizomatis*
33.							*neocaledonia*

各学者对稻属所含种数意见的不同，是因为各人掌握的生物学标准不同，以及各家著作发表的迟早不同所致。

迄今尚无公认的稻属分类。最近的分类是 Khush（1997）将稻属分为23个种，将短药野稻（*Oryza brachyantha* A. Chev. et Roehr.）归入 *Oryza offi-cinalis* 复合群；而卢宝荣（1998）将稻属分成24个种，将短药野稻（*Oryzabrachyantha* A. Chev. et Roehr.）未归入复合群，增加了一个新种——新喀里多野稻（*Oryza neocaledonia*）。

鉴于此，特提出我们的稻属分类意见：

（1）稻属的物种数为25种和一个亚种，在卢宝荣（1998）分类的基础上增加一个新物种——*Oryza indandamanica*（黄超武，1995），中文名为“印度安达曼野稻”。

（2）Clayton（1968）根据国际植物命名法规，建议将 *breviligulata* 改称 *barthii*，而将此前一般所称的 *barthii* 改为 *longistaminata*，之后的大多数学者亦承认该变更，我们也认为此变更较合理，故采用之，但 Khush（1997）仍用 *breviligulata*，似应改为 *barthii*。

（3）将 *Oryza brachyantha* A. Chev. et Roehr. 归入 *Oryza officinalis* 复合群中，而将 *O-ryza indandamanica* 归入未知基因组。

现综述上述各学者的意见，将这26个稻种的名称、染色体数、染色体组（基因组）、地域分布列于表2。

表 2 稻属物种的名称、染色体数、染色体组（基因组）和地域分布

复合群物种	染色体数（2n）	基因组	分布
栽培稻复合群 *Oryza sativa* complex			
1. 短舌野稻 *O. barthii* A. Chev.	24	AA	非洲
2. 非洲栽培稻 *O. glaberrima* Steud.	24	AA	西非、东非的 Penba 和 Zanzibar 岛及中美洲的圭亚那和萨尔瓦多
3. 展颖野稻 *O. glumaepatula* Steud.	24	AA	拉丁美洲
4. 长雄蕊野稻 *O. longistaminata* A. Chev. et Roehr.	24	AA	非洲
5. 南方野稻 *O. meridionalis* Ng N Q et al	24	AA	澳大利亚北部
6. 一年生普通野稻 *O. nivara* Sharma et Shastry	24	AA	亚洲热带及亚热带
7. 多年生普通野稻 *O. rufipogon* Griff.	24	AA	亚洲热带及亚热带、澳大利亚北部
8. 亚洲栽培稻 *O. sativa* L.	24	AA	全世界
药用野稻复合群 *O. officinalis* complex			
9. 斑点野稻 *O. punctata* Kotschy ex Steud.	24 48	BB BBCC	非洲
10. 紧穗野稻 *O. eichingeri* A. Peter	24 48	CC BBCC	南亚、东非、中非
11. 药用野稻 *O. officinalis* Wall. ex Watt	24 48	CC	亚洲热带及亚热带、澳大利亚北部
12. 根茎野稻 *O. rhizomatis* Vaughan	24	CC	斯里兰卡
13. 小粒野稻 *O. minuta* J. S. Presl ex C. B. Presl	48	BBCC	菲律宾、巴布亚新几内亚
14. 高杆野稻 *O. alta* Swallen	48	CCDD	拉丁美洲
15. 大颖野稻 *O. grandiglumis* (Doell) Prod.	48	CCDD	拉丁美洲
16. 阔叶野稻 *O. latifolia* Desv.	48	CCDD	拉丁美洲
17. 澳洲野稻 *O. australiensis* Domin	24	EE	澳大利亚北部
18. 短药野稻 *O. brachyantha* A. Chev. et Roehr.	24	FF	非洲
疣粒野稻复合群 *O. meyeriana* complex			
19. 颗粒野稻 *O. granulata* Nees et Arn. ex Watt	24	GG	南亚及东南亚
20. 疣粒野稻 *O. meyeriana* (Zoll. et Mor. ex Steud.) Baill.	24	GG	东南亚
21. 瘤粒野稻 *Oryza meyeriana* (Zoll. et Mor. ex Steud.) Baill. ssp. *tuberculata* W. C. Wu et Y. G. Lu, G. C. Wang	24	GG	中国
马来野稻复合群 *O. ridleyi* complex			
22. 长颖野稻 *O. longiglumis* Jansen	48	JJHH	印度尼西亚、巴布亚新几内亚
23. 马来野稻 *O. ridleyi* Hook. f.	48	JJHH	东南亚
未知基因组 Unknown genome			
24. 希来特野稻 *O. schlechteri* Pilger	48	未知	巴布亚新几内亚
25. 新喀里多野稻 *O. neocaledonia*	24	未知	新喀里多尼亚
26. 印度安达曼野稻 *O. indandamanica*	24	未知	印度

注：本分类处理主要参照 Khush（1997）和卢宝荣（1998）的稻属分类系统。

参考文献

广东省植物研究所（编辑）.1977. 海南植物志. 北京：科学出版社，4：395～397

卢宝荣.1998. 稻种遗传资源多样性的开发利用和保护. 生物多样性，6（1）：63～72

闵绍楷.1988. 介绍稻属种的分类和检索的若干新修订. 水稻文摘，7（5）：1～4

吴万春.1980. 对中国野生稻命名的浅见. 华南农学院学报，1（1）：128～132

吴万春.1987. 对稻属植物各种的中文名称命名的意见. 华南农业大学学报，8（1）：25～28

吴万春.1991. 稻属植物分种检索表的探讨. 中国水稻科学，5（4）：180～182

吴万春.1995. 稻属植物分类研究的进展. 华南农业大学学报，16（4）：115～122

郑殿升.1996. 中国粮食作物种质资源农艺性状鉴定、编目和繁种保存概况. 作物品种资源，(4)：7～8

林世成，闵绍楷.1991. 中国水稻品种及其系谱. 上海：上海科学技术出版社，254～262

罗利军.1998. 稻种资源研究现状和发展预测. 作物品种资源，(3)：11～12

娄希祉，刘学明，王述民.1996. 世界植物遗传资源概况. 作物品种资源，(4)：1～6

耿以礼，耿伯介.1959. 中国主要植物图说（禾本科）. 北京：科学出版社，629

黄超武（主编）.1995. 水稻品种种性研究. 广州：广东科技出版社，197～221

Bor. 1960. Grasses of Burma, Ceylon, India and Pakistan, 395

Chang, T. T. 1976. The origin, evolution, cultivation, dissemination and diversification of Asian and African rices. Euphytica, 25: 435～441

Chang, T. T. 1976. Manual on genetic conservation of rice germplasm for evolution and utilization. Philippines: IRRI, 77

Chang, T. T. 1976. *Oryza sativa* and *Oryza glaberrima*. In: Simmonds, N. W (ed.). Evolution of Crop Plants. London: Longman Group Ltd., 98～104

Chang, T. T. 1984. Conservation of rice genetic resources: Luxury or Neccessity? Science, 224 (4646): 251～256

Chang, T. T. 1985. Crop history and genetic conservation: Rice——a case study. Iowa State J. Res., 50 (3): 425～455

Chatterjee, D. 1948. A modified key and enumeration of the species of *Oryza* L. Indian J. Agr. Sci., 18 (13): 185～192

Chevalier, A. 1932. Nouvelle contribution a letude systematique des *Oryza*. Rev. Bot. Appl. Agr. Trop., 2: 1014～1032

Duistermaat, H. 1987. A revision of *Oryza* (Gramineae) in Malaysia and Australia. Glumea, 32: 157～198

IRRI. 1964. Rice Genetics and Cytogenetics. Amsterdam: Elseier Publishing Company, 274

Khush, G. S. 1997. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. Plant Mol. Biol., 35 (1): 25～34

Linnaeus. 1753. Linnaei Species Plantarum. Ray Society, 1: 333

Morishima, H. 1984. Species relationships and the search for ancestors. In: Tsunoda S & N. Takahashi (eds.). Biology of Rice. Tokyo/Elsevier, Amsterdam, Japan: Sci. Soc. Press, 3～30

Nayar, N. M. 1973. Origin and cytogenetics of rice. Adv. Genet., 17: 153～299

Prodoehl, A. 1922. Oryzeae monographice describuntur. Bot. Arch., 1: 211～224

Roschevicz, R. J. 1931. A contribution to the knowledge of rice. Bull. Appl. Bot. Genet. Plant Breed., 27 (4): 31～33 (in Russ.)

Sampath, S. 1962. The genus *Oryza*: its taxonomy and species interrelationships. *Oryza*, 1: 1～29

Tateoka, T. 1962. Taxonomic studies of *Oryza*, II. Several species complexes. Bot. Mag., 75: 455～461

Tateoka, T. 1963. Taxonomic studies of *Oryza*, III. Key to the species and their enumeration. Bot. Mag.,

76：165～173

Tateoka，T.，J. V. Pancho. 1963. A Cytotaxonomic Study of *Oryza minuta* and *O. officinalis*. Bot. Mag.，76：366～373

Vaugh，D. A. 1989. The genus *Oryza* L. current status of taxonomy. IRPS，138：2～21

DIVERSITY OF RICE GENETIC RESOURCES

Fan Shuguo，*Zhang Zaijun*，*Liu Lin*，*Liu Hongxian*，*Liang Chengye*

(South China Institute of Botany，the Chinese Academy of Sciences，Guangzhou 510650)

This paper deals with the diversity of genetic resources of rice and the review of the species composition of *Oryza*. A new classification system of *Oryza* is also put forward in this paper.

Key words：*Oryza*，Genetic resources，Diversity，Taxonomy，Species

中国野生稻遗传资源的保护及其在育种中的利用

范树国　张再君　刘　林　刘鸿先　梁承邺

（中国科学院华南植物研究所，广州 510650）

摘要　本文探讨了中国野生稻的濒危现状、濒危原因及其保护策略，并对野生稻在育种中的利用作了简要的综述。

关键词　野生稻　遗传资源　保护　育种　利用

1963 年，原中国农业科学院水稻生态研究室对广东、广西、云南三省（自治区）部分地区进行了野生稻的种类和地理分布的调查。1978～1982 年，对野生稻进行了全国性的普查与考察，这次对我国野生稻资源的普查与考察工作，是由中国农业科学院主持，参加协作组的有广东、广西、云南、江西、福建、湖南、湖北、安徽等省（自治区）农业科学院、贵州省黔西南州农科所和江西省樟树农校。1994 年 9 月～1995 年 1 月以及 1995 年 9 月～11 月，中国科学院植物研究所同云南省农科院、思茅地区农科所、广西科学院、广西植物所、广西农科院、南宁市江西乡农技站等单位两次考察了野生稻分布集中的广西、云南、广东、海南和湖南 5 个省（区），对中国野生稻的种类和地理分布有了较清楚的了解。调查表明，我国有 3 种野生稻，即普通野生稻（*Oryza rufipogon* Griff.）、药用野生稻（*Oryza officinalis* Wall. ex Watt）和瘤粒野稻（中国“疣粒野生稻”）（*Oryzameyeriana*（Zoll. et Mor. ex Steud.）Baill. ssp. *tuberculata* W. C. Wu et Y.G. Lu，G. C. Wang）（广东农林学院农学系，1975；邬柏梁等，1979；广西野生稻考察收集协作组，1980；吴妙燊，1981，1990，1993；潘熙淦和饶宪章，1982；广西野生稻普查考察协作组，1983，1990；全国野生稻资源考察协作组，1994；孙桂芝，1990，1993；吴万春等，1990；庞汉华和应存山，1993；俞履圻，1993；陈勇等，1993；梁能和吴惟瑞，1993；姜文正和陈武，1993；林亨芳等，1993；应存山，1993；高立志等，1996，1998）。由于种种原因，这 3 种野生稻，尤其是普通野生稻种质资源破坏、损失严重，濒临灭绝的边缘，亟待国家采取切实可行的紧急措施加以保护，并加强科学研究，以确保我国野生稻遗传多样性不再丧失，为水稻育种、增产和提高品质提供不可缺少的生物学基础（洪德元，1995）。庞汉华（1996）认为建立野生稻原地自然保护点已刻不容缓。保护这些野生稻资源并将之用于水稻育种实践中，对于培育水稻新品种、提高水稻产量、米质及抗性都有积极的作用，它们的保护和利用与解决我国粮食问题息息相关。故本文对中国野生稻的濒危现状、濒危原因及其保护策略以及野生稻在育种中的利用作了简要的综述。

1 中国野生稻的濒危现状、濒危原因及保护策略

1.1 濒危现状

野生稻是栽培水稻的野生近缘种，原产于中国的 3 种野生稻均被列为国家二级保护植物（渐危种）（国家环境保护总局和中国科学院植物研究所，1987；傅立国，1992）。高立志等（1996）于 1994 年 9 月至 1995 年 1 月和 1995 年 9 月至 11 月两次考察了野生稻分布集中的广西、云南、广东、海南和湖南 5 个省（自治区）。调查结果表明：野生稻的自然群落已大量丧失而濒危，其中以普通野生稻的濒危程度最高，药用野生稻次之，疣粒野生稻也不容乐观。

分布于台湾桃园和新竹的普通野生稻已于 1978 年消失（Kiang 等，1979；冈彦一，1986；Oka，1988）。在云南，以前记载 26 个分布点（云南稻种资源考察组，1987），现已消失 24 个，消失率为 92.3%（洪德元，1995，1998；高立志等，1996）。在广东和海南，以前共记载 1182 个分布点（庞汉华和应存山，1993），几乎县县有之，乡乡有之。洪德元（1995，1998）、高立志等（1996）考察了 15 个县（市）的 17 个曾记载的分布点，现已消失 13 个，消失率为 76.5%。广西是我国普通野生稻重要的自然繁殖地，分布面积约 1 500 亩（广西野生稻普查考察协作组，1983，1990），洪德元（1995，1998）、高立志等（1996）考察了 30 个县（市），现存的仅为原来记载的 60%。湖南江永的普通野生稻亦处于濒危，湖南茶陵的普通野生稻也相继绝灭了（周进，1992，1995）。

海南、广东、广西和云南部分市县的药用野生稻，由于生境破坏而急剧减少，有的分布点的药用野生稻已消失（洪德元，1995，1998；高立志等，1996；庞汉华，1996）。

云南一些县的疣粒野生稻居群消失率达 95%，不过此次调查又新发现疣粒野生稻的分布面积至少 3 000 亩，海南的东方、陵水 2 个县的 5 个居群亦无明显的消减趋势，但也不容乐观。疣粒野生稻会随着所生长的热带、亚热带森林的消失而日渐受到威胁（高立志等，1996；庞汉华，1996）。

1.2 濒危原因

野生稻，尤其是普通野生稻濒危的原因主要是由于人为的破坏活动而导致野生稻的生长环境质量恶化。人类的经济活动导致野生稻的生境损失、生境质量不断恶化，使其生长地越来越少，最终消失。此外，人类活动也导致了外来种的入侵，使得野生稻在其群落中的优势度下降而逐渐衰落。过度收割与放牧也严重影响了野生稻的有性生殖，不利于居群种子库的绵延，而且茎叶的持续破坏不利于与杂草种类竞争而导致衰落（高立志等，1996，1998；庞汉华，1996）。

1.3 保护策略

野生稻种的居群已经迅速地缩小甚至从原产地消失，因此，对野生稻基因源及其多样性进行及时有效的保护，有意识的保护其多样性使其多样性不致消亡，并对其进行合理的开发和利用，是每一个人应尽的义务和职责。目前，对野生稻的保护措施主要有原地保护或原位保护（*in situ* conservation 或 on-site maintenance）和易地保护或异位保护（*ex situ* conservation 或 off-site maintenance）（熊振民和蔡洪法，1992；卢宝荣，1998）。

野生稻遗传资源的原地保护就是在野生稻原始生态环境下，采用一定的设施，人为地就地保存和保护野生稻种质。这种保护是一种动态保护，因为野生稻遗传资源仍在原产地的生

境下继续生长，所以它们可以随自然环境的变化而产生新的遗传变异，而进化仍在进行。原地保护的主要目标是保护物种或居群的进化和适应的潜在能力，因而它是最适合于在原产地的生境中对野生稻进行保护的措施（熊振民和蔡洪法，1992；卢宝荣，1998）。水稻野生近缘种，在有条件的情况下，应在自然生境中保存，使其能继续与它们所处的环境发生作用，以保持遗传多样性与完整性。1978～1982年我国在江西省东乡县发现9个普通野生稻群落，由于受经济的限制，现仅在两个集中成片的群落建立了A、B保护区，面积各约350 m^2。这对于研究中国栽培稻的起源与进化、野生稻有利性状的研究和利用具有重要的科学及实用意义（庞汉华和应存山，1993）。但是在某些野生稻的生境受到严重破坏以致野生稻的居群有丧失和绝灭可能的地方，对这些野生稻的遗传资源应该立即进行易地保护，以保证它们能够幸存下来，并加以研究和利用。对原地保护的野生稻进行其生态环境的变化范围、物种内的遗传多样性以及在时间迁移过程中的变化研究（卢宝荣，1998）。

易地保护是对野生稻遗传资源的一种静态保护，其目的在于尽可能完整地保存遗传资源在其原产地的遗传多样性和遗传组成。野生稻遗传资源的易地保护主要包括以种子保存的种质库（genebank）和以种茎保存的种质圃（field genebank），此外，还有超低温保存（cryopreservation）。将野生稻的遗传资源易地保存于种质库中，是目前对野生稻资源进行保护的最主要而且最有效的方法。目前位于北京中国农业科学院作物品种资源研究所内的中国国家作物种质库已保存了5243份野生稻遗传资源（马缘生，1989；熊振民和蔡洪法，1992；应存山，1992；庞汉华和应存山，1993；庞汉华，1996）。同时在原产省（区）的农业科学院进行中期保存。野生稻圃种茎保存方面，1990年已在广东省农业科学院水稻研究所（广州）和广西壮族自治区作物品种资源研究所（南宁）分别建立了国家种质野生稻保存圃，专门对野生稻的营养体进行盆栽保护。广州野生稻圃占地4 468m^2，其中种植面积为2 858m^2，可种植保存约一万份种茎材料，现已入圃保存原产中国及外国的22个野生种共3 017份种茎，并相应建立了形态、农艺性状、生物学特征、多种抗病虫性和抗逆性以及品质性状等评价的数据库，实现野生稻种质信息处理电脑化。广西南宁市野生稻圃拥有面积4 160m^2，并有网室、暗室、工作室、蓄水池等配套设施，已入圃2000多份材料，以广西的普通野生稻和药用野生稻为主，同时保存引自江西、湖南、福建、云南等省及国外野生稻。该圃保存有一批具有抗白叶枯病、稻瘟病、褐稻虱、白背飞虱、耐冷性强、蛋白质含量高等优良种质。野生稻圃的建立，为深化野生稻研究及野生稻在育种与生物技术等研究提供重要物质基础（熊振民和蔡洪法，1992）。截止1996年，两圃共保存8632份野生稻材料（庞汉华和应存山，1993；郑殿升，1996；卢宝荣，1998）。

超低温保存技术是近10年来广泛采用的长期保存植物资源的方法，是长期而稳定地保存植物种质资源的有效方法之一。该方法用液氮保存材料，使生理代谢和生活力下降以及基因特异性丧失的问题得到了最好控制，不会产生遗传性状的改变，病原微生物活动也受到抵制。可以说这种保存方法是稳定可靠的长期保存植物种质资源的途径。野生稻的超低温研究中，最近殷晓辉等（1996）、Yin和Shu（1996）在普通野生稻、宽叶野生稻以及疣粒野生稻愈伤组织超低温保存研究中首次获得了冻后再生植株，实验证明了野生稻幼穗离体培养物的超低温保存是稻属资源保存的有效途径。将器官培养物作为超低温保存材料比愈伤组织悬浮细胞要好，因为它们的遗传性更稳定，又容易再生。可以预见，野生稻不同染色体组型（AA、BB、BBCC、CC、CCDD、EE、FF、GG、JJHH）的冻后植株再生技术的进一步突破，已为期不远

了（谭光轩等，1998）。

2 中国野生稻在育种中的利用

2.1 中国野生稻在常规育种上的利用

我国是野生稻资源利用较早的国家，丁颖教授于1926年在广州东郊犀牛尾发现普通野生稻后，单株植于农场，当年冬收到自然杂交种子，1927年单株种植，1928年分株系比较，1929年冬得到自然分离的固定系统，1930－1932年品系产量比较试验早生稻与栽培稻农家品种“竹占”杂交而育成第一个具有野生稻血缘的栽培新品种——晚季稻“中山1号”（丁颖，1961；广东农林学院农学系，1975；戚经文，1990；林世成和闵绍楷，1991；黄超武，1995），这是当时世界上最早把野生稻抗恶劣环境的性状转移给栽培稻的成功例子。“中山1号”米质好、适应性广，对白叶枯病、矮缩病和稻飞虱具一定抗性，该品种以后衍生中山（包胎）红、中山（包胎）白，从中山红又衍生包选2号、钢枝占，从包选2号又衍生新包矮（黄超武，1995）。上海市青浦农科所、广东增城县宋东海、广东省农科院水稻所和广西农科院水稻所先后利用野生稻育成了一批优良品种，有的已成为当地当家品种（广东农林学院农学系，1975；林世成和闵绍楷，1991；庞汉华和应存山，1993）。Jena 和 Khush（1990）用栽培稻和药用野生稻杂交，经胚拯救获得杂种 F_1 植株，利用栽培稻连续回交得到了具有药用野生稻抗褐飞虱和抗白背飞虱基因的异源单体附加系。Brar 等（1991）利用胚拯救技术分别进行了12个编号8种野生稻与栽培稻的杂交，获得了204棵杂种植株。Kobayashi 等（1992）利用药用野生稻具有抗东格鲁病毒的材料，将其抗性通过单体异附加系成功地转移到栽培稻中，并认为该抗性基因可能位于药用野生稻的第11号染色体上。余文金等（1993）利用亚洲栽培稻（*Oryza sativa* L.）的核质互作型和光敏感雄性不育系为母本，药用野生稻（*Oryza officinalis* Wall. ex Watt）为父本进行杂交，首次在未经幼胚培养的条件下得到了杂种种子，从而将药用野生稻的抗褐飞虱特性转入栽培稻。李予先等（1994）报道从东乡普通野生稻转移具有育种价值的遗传基因到栽培稻品种中，并从中育成优质早籼稻。颜辉煌等（1996）选用两个抗褐飞虱的药用野生稻编号材料与两个感虫栽培稻品种杂交，通过胚培养获得的杂种表现出野生亲本紫色柱头、长芒及抗褐飞虱等特性。钟代彬等（1997）以高产优质的栽培稻中86－44为母本，高抗褐飞虱的广西药用野生稻为父本，远缘杂交结合胚拯救，获得农艺性状优良，结实正常，高抗褐飞虱的杂种植株。李勤修等、Li 等（1998）以强根状茎耐旱耐寒的长药野生稻（*Oryza longistaminata*）和连续分蘖的柳州野稻（*Oryza rufipogon*）为宿根野生亲本，以穗黄叶绿高结实、产量重现性达100%的广陵香糯为耐寒栽培稻亲本，于1977年把柳州野稻和长药野稻的显性宿根性状经种间复合野稻杂交导入栽培稻之中，获得宿根系4 020（光粳A/柳野//长野），根状茎自动移植使水稻宿根系4 020的宿根20年不衰，重现性不减。为了选育高产宿根稻，用栽培稻和4 020衍生系作轮回亲本对4 020的后代作交替回交，使综合经济性状得以改进提高。

2.2 中国野生稻在杂交稻育种上的利用

自1970年11月23日在海南岛崖县发现“野败”后，我国相继育成了一系列“野败”型细胞质雄性不育系和相应的恢复系，并于1973年实现了籼型杂交水稻三系配套，配制出一批优良杂交稻组合。近年来利用野生稻胞质雄性不育基因，转育出一大批新的不育系与相应的

恢复系；配制新的杂交稻组合，在水稻生产中发挥了重要的作用（武汉大学遗传研究室和湖北省农业科学研究所水稻系，1977；林世成和闵绍楷，1991；庞汉华和应存山，1993）。目前水稻生产上所使用的杂交组合95%以上是由野败型或与野败型相类似的细胞质不育系配出的。中国以占世界不到7%的耕地养活了占世界22%的人口，对人类生存和发展作出了巨大贡献，其中杂交水稻功不可没（吕飞杰，1997）。

2.3 中国野生稻在生物技术方面的利用

2.3.1 花药培养

虽然水稻花药培养早在1968年取得成功（Niizeki 和 Oono，1968），并已应用于育种实践（沈锦华等，1982），但野生稻花药培养的研究则较少。最先报道的是大野清春（1975）从 *Oryza perennis* 培养出花药愈伤组织，并形成三倍体植株。Wakasa 和 Watanabe（1979）及 Wu 和 Kiang（1979）利用 *Oryza perennis*（*spontanea type*）的花药培养诱导出单倍体植株并进行了再生植株的特性及其染色体行为的研究，获得花培再生植株，但诱导率很低。我国近年来也对野生稻进行了花药培养，我国台湾学者吴旭初（Woo S. C.）等（1978）研究了栽培稻和野生稻（*O. perennis*）杂种的花药培养，指出单交杂种的花药可以产生愈伤组织和白苗，而回交栽培稻的花药则可产生绿苗，其研究目的在于将野生稻的遗传物质导入栽培稻。蔡得田（1984）对8个类型计6个物种的野生稻（其中有3个原产中国的普通野生稻和1个原产中国的药用野生稻）进行了液体漂浮培养，从5个物种（共7个类型）的野生稻中诱导出花粉愈伤组织，其中4个物种（共5个类型）的愈伤组织分化出小植株，但几乎100%是白化苗。诱导愈伤组织的频率有明显的差异，*Oryza officinalis* 达到23.16%，其余为0.05～0.87%。陈成斌和王喆（1990）对广西普通野生稻、广西药用野生稻和云南疣粒野生稻进行了花药培养，其中广西普通野生稻能一次培养成苗，形成正常绿色花粉植株。而广西药用野生稻和云南疣粒野生稻均无花粉愈伤组织。吴妙燊等（1987，1990）对广西野生稻进行花药培养，共获得529株白苗和22株绿苗，再生植株繁殖了3年，获得了遗传稳定的株系后代。在绿苗再生植株中，有4个编号（1、10、19、26）分别具有较抗稻瘟病、蛋白质含量高、宿根越冬耐寒性强和抗白叶枯病的能力。舒理慧等（1990）对广西普通野生稻进行了花药培养，41个编号出了绿苗，其中抗白叶枯病20个，耐寒性强7个，蛋白质含量高4个，外观品质优良4个，抗稻瘟病2个，抗褐稻虱3个，抗瘿蚊1个。庞汉华（1989）、庞汉华等（1991）、庞汉华和汤圣祥（1995）认为低温处理稻穗和应用改良N6培养基可以明显提高花培效率，同时对我国匍匐、倾斜和直立型普通野生稻进行了花药培养，花药培养力的高低顺序为：栽培籼稻＞栽培稻/野生稻杂种＞直立型普通野生稻＞倾斜型普通野生稻＞匍匐型普通野生稻。不同培养基对不同生态型普通野生稻具有不同的花培效率。陈成斌和李道远（1993）开展了改良普通野生稻花药培养基的研究，根据试验最优水平配比组成诱导率较高的普通野生稻花药培养基——YD培养基，经多年使用其效果较好。Toriyama 和 Hinata（1987）通过花药培养将普通野生稻的W1恢复基因转移到栽培稻中，从而选育出了1个具有野生稻W1细胞质雄性不育的恢复系。陈成斌等（1998）用不同的处理方法接种302个株系360660个花药，平均愈伤组织诱导率5.58%，最高诱导率33.33%，平均绿苗分化率25.11%，最高绿苗分化率91.67%，突破栽/野稻杂交后代F_1、F_2世代绿苗分化率低的难关，获得一批带野生稻优异基因的花培绿苗与稳定品系。

2.3.2 原生质体培养和体细胞杂交

有关野生稻原生质体培养的报道不是很多，20多种野生稻中目前只有普通野生稻(*O. rufipogon*)、宽叶野稻（*O. latifolia*）、颗粒野稻（*O. granulata*）、展颖野稻（*O. glumaepatula*）和中国“疣粒野稻”（瘤粒野稻）（*O. meyeriana* subsp. *tuberculata*）的原生质体培养成功。

Hayashi 等（1988）建立了 *O. officinalis*、*O. eichingeri*、*O. brachy-antha*、*O. perrieri* 等4种野生稻的细胞悬浮系，并与栽培稻（*O. sativa* L.）进行细胞融合而获得杂种。Mori 等（1990）对11种野生稻的原生质体进行培养，获得普通野生稻的原生质体再生植株。Zhang 等（1995）从5种野生稻和栽培稻诱导愈伤组织，并选择胚性愈伤组织建立细胞悬浮培养，仅普通野生稻的原生质体培养再生了植株，同时通过具卡那霉素抗性的栽培稻原生质体，筛选得到普通野生稻和栽培稻的杂种细胞克隆。张伟和简玉瑜（1991）对广西野生稻原生质体培养也获得再生植株。Baset 等（1991，1993）通过 *O. rufipogon* 和 *O. granulata* 的原生质体培养而获得再生植株。项友斌和董彦君（1995）对3个野生稻（*O. rufipogon*，*O. glumaepatula* 和 *O. latifolia*）成熟胚，经愈伤组织诱导和悬浮细胞培养，分离原生质体，利用简化原生质体培养基（SPCM），结合琼脂糖包埋，并附加看护细胞培养液，这3个野生稻原生质体均得到了成功培养，其中两个（*O. rufipogon* 和 *O. glumaepatula*）分化了绿色植株。我国有3种野生稻分布，即普通野生稻、药用野生稻和疣粒野生稻。其中疣粒野生稻具有许多重要的特性，首先是抗白叶枯病。彭绍裘等（1981）发现其抗性水平达到免疫级。He 等（1996）、何光存等（1998）将体细胞超低温保藏与原生质体培养相结合获得了再生植株。他们从疣粒野生稻的幼穗诱导出无再生能力的愈伤组织，经过继代培养和超低温保藏后获得了胚性愈伤组织，建立了悬浮细胞系，分离出原生质体并再生植株。从而为应用原生质体融合技术转移疣粒野生稻抗性基因奠定了基础。这是从优良抗病资源疣粒野生稻的原生质体培养成植株的最先报道。

除上述花药培养和原生质体培养外，Wang 等（1987）通过美洲野生稻（*O. perennis* Moench.）成熟种子和幼穗的体细胞胚发生途径而获得再生植株。殷晓辉等（1996）对野生稻幼穗离体培养，6种野生稻通过愈伤组织获得了再生植株，而且普通野生稻幼穗直接分化培养得到再生植株。吴妙燊等（1990）对广西普通野生稻的8个编号的未授粉子房进行培养，但全部没有获得愈伤组织。胚培养方面，倪丕冲等（1988）通过疣粒野生稻的成熟胚诱导出愈伤组织并分化出大量试管绿苗。吴妙燊等（1988）对栽培稻和药用野生稻有性杂交，将幼胚进行了离体培养，成功地获得了杂种植株。

2.3.3 基因转移

在野生稻DNA导入栽培稻的研究方面，广西农科院李道远等自1985年以来，利用优质抗性强的药用野生稻DNA导入栽培稻中铁31（籼型粘稻）的研究已取得初步成功。已选育出几个有希望的品系，其中糯性好的桂D1号新品系，经试种比受体品种中铁31增产25.8%，比桂朝2号增产18.5%，比特青2号增产17.5%，表现出较大的增产潜力（庞汉华和应存山，1993）。随着现代生物技术的迅速发展及其广泛地应用于栽培稻育种实践，稻种遗传资源，特别是野生稻和近缘属、种的资源，将在未来水稻品种的改良中发挥更大的作用（卢宝荣，1998）。

参考文献

丁颖 . 1961. 中国水稻栽培学 . 北京：农业出版社，13～16

广东农林学院农学系 . 1975. 我国野生稻的种类及其地理分布 . 遗传学报，2 (1)：31～36

广西野生稻考察收集协作组 . 1980. 广西野生稻 . 农业科技通讯，(8)：13

广西野生稻普查考察协作组 . 1983. 广西野生稻的地理分布及其特征特性 . 作物品种资源，1：12～17

广西野生稻普查考察协作组 . 1990. 广西野生稻的地理分布及其特征特性 . 见：吴妙燊 (主编) . 野生稻资源研究论文选编 . 北京：中国科学技术出版社，26～30

马缘生 (主编) . 1989. 作物种质资源保存技术 . 北京：学术期刊出版社

云南省稻作资源考察组 . 1987. 云南省稻种资源考察报告 . 50～53

孙桂芝 . 1990. 湖南野生稻的生境及其特征、特性研究 . 见：吴妙燊 (主编) . 野生稻资源研究论文选编 . 北京：中国科学技术出版社，31～34

孙桂芝 . 1993. 湖南稻种资源 . 见：应存山 (主编) . 中国稻种资源 . 北京：中国农业科技出版社，321～323

卢宝荣 . 1998. 稻种遗传资源多样性的开发利用和保护 . 生物多样性，6 (1)：63～72

全国野生稻资源考察协作组 . 1984. 我国野生稻资源的普查与考察 . 中国农业科学，(6)：27～34

吕飞杰 . 1997. 中国农业科学技术展望 . 中国农业科学，30 (1)：1～6

李予先，刘国平，陈忠友 . 1994. 中国东乡野生稻遗传因子转移的研究 . 遗传学报，21 (2)：133～146

李勤修 . 1998. 宿根杂交稻选育的过去、现在和未来 . 西南农业学报，11 (院庆专刊)：55～57

邬柏梁，何国成，白国章等 . 1979. 我国东乡一带发现野生稻 . 江西农业科技，(2)：6～7

陈成斌，王 . 1990. 野生稻花药一次培养成苗初报 . 见：吴妙燊 (主编) . 野生稻资源研究论文选编 . 北京：中国科学技术出版社，129～131

陈成斌，李道远 . 1993. 普通野生稻花药培养基研究 . 西南农业学报，6 (4)：16～20

陈成斌，陈家裘，黄勇等 . 1998. 栽野稻杂种后代花药培养效率研究 . 广西农业科学，3：105～109

陈勇，戴陆园，廖新华 . 1993. 云南稻种资源 . 见：应存山 (主编) . 中国稻种资源 . 北京：中国农业科技出版社，199～200

应存山 . 1992. 中国稻种资源的研究进展 . 中国水稻科学，6 (3)：142～144

应存山 . 1993. 台湾稻种资源 . 见：应存山 (主编) . 中国稻种资源 . 北京：中国农业科技出版社，306

吴万春，卢永根，王国昌 . 1990. 中国"疣粒野稻"拉丁学名和中名的订正 . 中国水稻科学，4 (1)：33～37

吴妙燊 . 1981. 浅谈广西野生稻的分布 . 遗传，3 (3)：36～37

吴妙燊，李道远 . 1986. 野生稻遗传资源利用展望 . 作物品种资源，4：1～4

吴妙燊，舒理慧，莫仲荣等 . 1987. 广西普通野生稻 (*Oryza sativa* f. *spo－ntanea* Roschevicz) 花药培养的研究 . 中国农业科学，20 (2)：7～12

吴妙燊，舒理慧，李道远等 . 1988. 野生稻种质利用技术的研究 . I. 稻属种间杂种 (AA×CC 染色体组) 的获得 . 作物品种资源，23 (1)：6～9

吴妙燊 . 1990. 广西野生稻资源考察报告 . 见：吴妙燊 (主编) . 野生稻资源研究论文选编 . 北京：中国科学技术出版社，17～21

吴妙燊 . 1990. 广西野生稻资源普查、考察、搜集——成果简介和经验体会 . 见：吴妙燊 (主编) . 野生稻资源研究论文选编 . 北京：中国科学技术出版社，22～25

吴妙燊，李道远 . 1990. 野生稻遗传资源利用展望 . 见：吴妙燊 (主编) . 野生稻资源研究论文选编 . 北京：中国科学技术出版社，97～100

吴妙燊，莫仲荣，李道远等 . 1990. 广西普通野生稻花药培养的研究 . 见：吴妙燊 (主编) . 野生稻资源研究论文选编 . 北京：中国科学技术出版社，132～136

吴妙燊，林登豪，陈碧林等 . 1990. 普通野生稻花粉植株性状的研究 . 见：吴妙燊 (主编) . 野生稻资源研

究论文选编．北京：中国科学技术出版社，142～147

吴妙燊．1990．我国野生稻资源目前研究的主要进展．见：吴妙燊（主编）．野生稻资源研究论文选编．北京：中国科学技术出版社，190～195

吴妙燊．1993．广西野生稻资源．见：应存山（主编）．中国稻种资源．北京：中国农业科技出版社，241～260

何光存，舒理慧，廖兰杰等．1998．疣粒野生稻体细胞超低温保藏与原生质体培养体系的确立．中国科学（C辑），28（5）：449

沈锦华，李梅芳，陈银全等．1982．花药培养在品种改良上的应用．中国农业科学，2：15～19

张伟，简玉瑜．1991．普通野生稻胚性细胞悬浮系的建立及原生质体再生植株．华南农业大学学报，12（4）：13～17

余文金，罗科，郭学兴．1993．以水稻雄性不育系为母本不经幼胚培养获得 *Oryza sativa* × *Oryza officinalis* 杂种的研究．遗传学报，20（4）：348～353

郑殿升．1996．中国粮食作物种质资源农艺性状鉴定、编目和繁种保存概况．作物品种资源，（4）：7～8

林世成，闵绍楷（主编）．1991．中国水稻品种及其系谱．上海：上海科学技术出版社，254～262

林亨芳，王金英，江川．1993．福建稻种资源．见：应存山（主编）．中国稻种资源．北京：中国农业科技出版社，363

国家环境保护局，中国科学院植物研究所．1987．中国珍稀濒危保护植物名录（第一册）．北京：科学出版社，21

武汉大学遗传研究室，湖北省农业科学研究所水稻系．1977．利用华南野生稻和栽培稻杂交选育三系的研究．遗传学报，4（3）：219～224

庞汉华．1989．提高普通野生稻花药培养绿苗诱导率的研究．作物品种资源，27（1）：6～8

庞汉华，舒理慧，吴妙燊等．1991．普通野生稻（*Oryza rufipogon* Griff.）花药培养研究．I．提高花粉愈伤组织诱导率和绿苗分化率的研究．作物学报，17（6）：436～442

庞汉华，应存山．1993．中国野生稻的种类、地理分布与研究利用．见：应存山（主编）．中国稻种资源．北京：中国农业科技出版社，17～28

庞汉华，汤圣祥．1995．不同生态型普通野生稻花药培养力的研究．中国水稻科学，9（3）：167～171

庞汉华．1996．建立野生稻原地自然保护点已刻不容缓．作物品种资源，4：22～24

周进．1992．湖南、江西普通野生稻居群变异的数量分类研究．武汉植物学研究，10（3）：235～242

周进．1995．普通野生稻（*Oryza rufipogon* Griff.）的北缘种群的保护生物学研究［博士论文］．武汉：武汉大学

姜文正，陈武．1993．江西稻种资源．见：应存山（主编）．中国稻种资源．北京：中国农业科技出版社，17～28

项友斌，董彦君．1995．野生稻原生质体培养与植株再生．中国水稻科学，9（3）：161～166（英文）

俞履圻．1993．中国野生稻的种类与分布．见：刘后利（主编）．作物育种研究与进展（第一集）．北京：农业出版社，109～121

倪丕冲，李梅芳，沈锦骅等．1988．疣粒野生稻和栽培稻杂交后代性状的研究初报．作物学报，14（1）：86～88

钟代彬，罗利军，郭龙彪等．1997．栽野杂交转移药用野生稻抗褐飞虱基因．西南农业学报，10（2）：5～9

洪德元．1995．抢救野生稻种质资源．中国科学院院刊，4：325～326

洪德元．1998．中国濒危植物保护生物学研究概况．见：邱少婷，彭镜毅（编）．海峡两岸植物多样性与保育．台北：国立自然科学博物馆，287～300

殷晓辉，舒理慧，廖兰杰等．1996．不同染色体组型的野生稻幼穗离体培养的研究．武汉大学学报（生物工程专刊），37～41

殷晓辉，舒理慧，郑丛义．1996．野生稻愈伤组织的超低温保存和冻后再生植株的形成．武汉植物学研究，14（3）：247～252

高立志，张寿洲，周毅等．1996．中国野生稻的现状调查．生物多样性，4（3）：160～166

高立志，周毅，葛颂等．1998．广西普通野生稻（*Oryza rufipogon* Griff.）的遗传资源现状及其保护对策．中国农业科学，31（1）：32～39

黄超武（主编）．1995．水稻品种种性研究．广州：广东科技出版社，197～221

梁能，吴惟瑞．1993．广东和海南的野生稻资源．见：应存山（主编）．中国稻种资源．北京：中国农业科技出版社，285～301

戚经文．1990．丁颖教授在中国野生稻研究上的卓越贡献．见：吴妙燊（主编）．野生稻资源研究论文选编．北京：中国科学技术出版社，91～96

傅立国（主编）．1992．中国植物红皮书（第一册）．北京：科学出版社，314～316

舒理慧，张希宁，袁文静等．1990．广西普通野生稻花药培养诱导形成植株的研究．见：吴妙燊（主编）．野生稻资源研究论文选编．北京：中国科学技术出版社，137～141

彭绍裘，魏子生，毛昌祥等．1981．野生稻抗病性鉴定——高抗白叶枯病的抗源疣粒野生稻．湖南农业科学，5：47～48

熊振民，蔡洪法（主编）．1992．中国水稻．北京：中国农业科技出版社，23～26

蔡得田．1984．从几种野生稻的花药中培养出单倍体植体．华中农学院学报，3（1）：1～6

谭光轩，盛腊红，何光存等．1998．野生稻遗传基础研究的进展．武汉植物学研究，16（4）：359～365

颜辉煌，胡慧英，傅强等．1996．栽培稻与药用野生稻杂种后代的形态学和细胞遗传学研究．中国水稻科学．10（3）：138～142

潘熙淦，饶宪章．1982．江西东乡野生稻考察及特性鉴定报告．江西农业科技，（7）：5～9

大野清春．1975．通过花药培养形成水稻单倍体及其在育种中的应用．农技研究，26：139～222（日文）

冈彦一著．徐云碧译，游修龄校．1986．水稻进化遗传学．中国水稻研究所丛刊之四．杭州：中国水稻研究所编印，69～70

Baset，A.，R. P. Finch，E.C. Cocking. 1991. Plant regeneration from proto－plast of wild rice (*Oryza rufipogon* Griff.)．Plant Cell Rep.，10（4）：200～203

Baset，A.，E.C. Cocking，R. P. Finch. 1993. Regeneration of fertile plants from wild rice species *Oryza granulata*. J. Plant Phy.，141（2）：245～247

Brar，D. S.，R. Elloran，G.S. Khush. 1991. Interspecific hybrids produced through embryo rescue between cultivated and eight wild species of rice. Rice Genet. News.，8：91～93

Hayashi，A.，J. Kyozuka.，K. Shimamoto. 1988. Hybrids of rice (*Oryza sativa* L.) and wild *Oryza* species obtained by cell fusion. Mol. Gen. Genet.，214（1）：6～10

He，G.C.，L.H. Sheng，L.H. Shu *et al*. 1996. Plant regeneration from protoplasts of wild rice，*Oryza meyeriana*. In：Xu，Z. H. & Z. H. Chen (eds.)．Abstracts of 2rd Asia－Pacific Conference on Plant Cell and Tissue Culture. July 28～Aug. 1，1996. Beijing：China Forestry Publishing House，76

Jena，K. K.，G. S. Khush. 1990. Introgression of genes from *Oryza offici－nalis* Wall. ex Watt to cultivated rice，*O. sativa* L. *Theor*. Appl. Genet.，80：737～745

Kiang，Y. T. *et al*. 1979. The extinction of wild rice (*Oryza perennis formasana*) in Taiwan. J. Asian Ecol.，1：1～19

Kobayashi，N.，R. Ikeda，G. S. Khush. *et al*. 1992. Resistance to rice tungro spherical virus in monosomic alien addition lines (MAALs) of *Oryza officinalis*. Rice Genet. News.，9：37～38

Li Q X. 1998. Perennial rice cultivars I. Interspecific cross for breeding perennial lines in *Oryza*. Southwest China. J. Agr. Sci.，10（2）：10～14

Mori, K., Y. Okinaka, T. Kinoshita. 1990. Plant regeneration from proto— plasts in wild *Oryza* species. Rice Genet. News., 7: 136～138

Niizeki, H., K. Oono. 1968. Induction of haploid rice plant from anther culture. Proc. Japan. Acad., 44: 554～557

Oka, H. I. 1988. Origin of Cultivated Rice, Tokyo: Japan Scientific Societies Press

Toriyama, K., K. Hinata. 1987. Anther culture application to breeding of a restorer for a male-sterile cytoplasm of wild rice (ms-CW). Japan. J. Breed., 37 (4): 469～473

Wakasa, K., Y. Watanabe. 1979. Haploid plant of *Oryza perennis* (spontanea type) induced by anther culture. Japan. J. Breed., 29: 146～150

Wang, M. S., F. K. Zapata, De Castro. 1987. Plant regeneration through somatic embryogenesis from mature seed and young inflorescence of wild rice (*Oryza perennis* Moench). Plant Cell Reports, 6: 294～296

Woo, S. C., T. Mok, C. Y. Huang. 1978. Anther culture of *Oryza sativa* L. and *O. perennis* Moench. hybrids. Bot. Bull. Acad. Sinica., 19: 171～178

Wu L, Y. T. Kiang 1979. Using isozyme marker to detect pollen derived plant from another culture of wild rice. Bot. Bull. Acad. Sinica., 20: 97～102

Yin, X. H., L. H. Shu. 1996. Plant regeneration from cryopreserved callus of wild rice (*Oryza meyeriana* Baill.). Rice Genet. News., 11: 184～186

Zhang, W., Y. Y. Jian, Y. Yang *et al*. 1995. Protoplast culture and fusion in cultivated rice and wild rice. Acta Agri. Sinica., 2: 27～32

CONSERVATION OF WILD RICE GENETIC RESOURCES IN CHINA AND THEIR UTILIZATION IN BREEDING

Fan Shuguo, Zhang Zaijun, Liu Lin, Liu Hongxian, Liang Chengye

(South China Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650)

This paper is a review of the endangered situation of wild rice in China, the reason of the endangerment and the conservation strategies of wild rice in China. The utilization of wild rice in breeding is also discussed.

Key words: Wild rice, Genetic resources, Conservation, Breeding, Utilization

油松育种系统多群体同工酶变异研究

李　悦　张春晓

（北京林业大学森林资源与环境学院，北京 100083）

摘要　研究育种系统中遗传多样性变化，对于确定相应保护策略有重要意义。本文以油松育种系统中 6 个群体为研究对象，借助水平淀粉凝胶电泳的同工酶分析方法，用 ACP、ADH、GOT、CAT、MDH、PGM、SKD、MNR 和 LAP 共 9 种酶系统 15 个位点，分析了各群体间和群体内的遗传多样性状况。研究表明：1）各群体内均有较高的遗传多样性水平；2）种子园无性系群体的遗传多样性水平高于天然林；3）种子园不同时期产生的两个自由授粉子代群体的遗传多样性与天然林子代群体相似；4）遗传多样性参数在 P_0 到 F_2 3 个世代间表现出递增趋势，说明改良群体可以维持较高的遗传多样性水平。文章对油松改良过程群体的遗传多样性变化及影响因素作了讨论，探讨了如何维持和提高种子园遗传多样性和遗传效率，提出了进一步研究的建议。

关键词　油松　育种系统　同工酶　遗传多样性

良种的遗传多样性决定了它的适应性基础，影响形成林分的稳定和多种效益的发挥，因此，在一树种持续改良中，维护育种群体较高的遗传多样性十分重要，研究和评价林木育种系统和良种的遗传多样性状况，对林木育种的理论与实践具有重要意义。种子园系统是林木遗传改良和良种生产的重要途径，近年对其遗传多样性进行了一定研究（李悦和张春晓，1998；Muona & Hariu，1989；Part & Arnal，1994；Xiao-Ru Wang *et al.*，1991），多数认为表型选择不会显著降低群体的多样性水平，但国内外缺乏对树种多世代材料间遗传多样性动态变化的试验性研究报道，该内容影响到育种和良种利用策略的制定，开展有关研究十分必要。油松是中国北方广大地区具代表性的重要乡土树种，有近 30 年的改良历史，本研究以油松种子园遗传改良体系中不同来源和世代的 6 个群体为研究对象，借助同工酶分析方法，研究系统中群体的遗传多样性状况和变化趋势，评价良种的遗传多样性，探讨育种系统遗传多样性的维护策略，为优良遗传材料的收集保护、合理管理良种选育提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

含种子园无性系群体、当地天然林和种子园自由授粉子代测定林，以及上述 3 个群体的子代群体。

初级无性系种子园（SO）位于辽宁兴城，地理位置为北纬 40°43′～44′，东经 120°34′～35′；

半阴坡，坡度 5°～15°，1974 年建设，试验区含 49 个无性系，分别来自辽宁和内蒙古的近 20 个天然和人工群体。无性系间为 7×7 系统排列配置，各重复的配置一致。株行距 5m×5m，现植株平均高 8m 左右，冠幅 6.5m 左右。1993 年分无性系采种。

天然林（NS）距种子园 4km，面积 50 多 hm^2，树龄多在 30～100 年，最大树龄在 200 年以上，密度为 500～800 株/hm^2。1996 年从中随机选取 30 棵结实较多的单株，单株间距大于 80 米，每株在树冠上部采集球果 5 个。

测定林（TP）是用种子园 1984 年自由授粉产种的子代苗木建立，位于兴城首山西麓，地势较平坦，周围有普通的油松林分。采用完全随机区组田间设计，包括 52 个家系、8 株小区、5 次重复，植株 12 龄。1995 年分别采集各家系的种子。

各群体选取 30～40 株，每株取 6～10 粒种子对胚和胚乳进行同工酶分析，从胚乳的酶谱分离情况推断该树基因型，每粒种子的胚代表子代群体的一个个体，用胚的谱带推断该个体基因型，理论上共分析 6 个群体，即 3 个亲代群体 NS、SO 和 TP 和通过胚推断基因型的 3 个子代群体即天然林子代群体（NSP）、种子园子代群体（SOP）和测定林子代群体（TPP），实际代表了繁殖体系中的三个世代，NS 和 SO 为 P_0 代，NSP、SOP 和 TP 为 F_1 代，TPP 为 F_2 代。

1.2 同工酶分析和酶系统

同工酶分析用水平淀粉凝胶电泳方法（王中仁，1996）。从 18 个酶系统中筛选出 ACP（酸性磷酸酯酶）、LAP（亮氨酸氨肽酶）、GOT（天冬氨酸转氨酶）、SKD（莽草酸脱氢酶）、MNR（维生素 K_3 还原酶）、PGM（磷酸葡萄糖变位酶）、MDH（苹果酸脱氢酶）、ADH（乙醇脱氢酶）和 CAT（过氧化氢酶）9 种酶，共 15 个基因位点用于多样性分析，等位基因 57 个。样品提取液、电泳和凝胶缓冲液、酶谱参见有关文献（李悦等，1999）。

1.3 遗传多样性参数估算

根据同工酶谱带表现型分析 6 个群体的每个位点等位基因数（A）、多态位点百分率（$P_{0.05}$），观测杂合度（Ho）和期望杂合度（He，又称基因多样性 D）（Nei，1972）、Wright（1977）固定指数（F）（Wright，1977）、Wright（1965）（Wright，1965）分化系数 Fst，以及 Nei（1972）群体间的遗传距离（D）（Nei，1972）。用固定指数 F 考察群体观测杂合度偏离期望杂合度的程度。对各位点期望（观测）杂合度在群体间的分布进行了方差分析，并进一步用 χ^2 检验进行了同质性分析。以上多样性参数和统计分析分别借助了 BIOSYS－I（Swofford 1989）（Swofford *et al.*，1989）和 SAS。

2 结果和分析

2.1 群体间遗传多样性分析

2.1.1 单位点等位基因频率

从 6 个群体的等位基因及其频率看（表 1），相同位点的等位基因频率在群体间均有差异，其中低频基因差异较大。每个群体未检测到的等位基因及数目不同，3 个亲代群体（NS、TP 和 SO）未检测到的较多，分别为 13、8 和 10 个，显著高于它们相应的子代群体（NSP、TPP 和 SOP 分别缺失 5、3、7 个），有些基因只在个别群体中检测到，如 Mdh-1 位点的等位基因 C 和 Got-2 位点等位基因 F 只出现在 NSP 中；Mnr-2 位点的等位基因 E 只出现在 TPP 和 TP

2个群体中，这些现象在一定程度上反映了各群体间等位基因存在的差异。

2.1.2 单位点杂合度

表1 6个群体的等位基因频率

位点	基因 个体	群体 NSP 201	TPP 257	SOP 205	NS 31	TP 37	SO 34	位点	基因 个体	群体 NSP 201	TPP 257	SOP 205	NS 31	TP 37	SO 34
Acp-1	A	.533	.484	.393	.433	.473	.383	Got-3	A	.249	.107	.156	.403	.203	.288
	B	.118	.185	.307	.133	.135	.267		B	.751	.893	.844	.597	.797	.712
	C	.164	.041	.211	.200	.027	.233	Mnr-1	A	.600	.413	.645	.617	.357	.694
	D	.162	.224	.051	.150	.257	.050		B	.285	.405	.269	.233	.400	.210
	E	.023	.066	.037	.083	.108	.067		C	.090	.140	.086	.117	.143	.097
Lap-1	A	.000	.012	.018	.048	.000	.016		D	.025	.042	.000	.033	.100	.000
	B	.896	.862	.930	.887	.946	.919	Mnr-2	A	.265	.113	.056	.350	.171	.145
	C	.087	.107	.034	.016	.027	.016		B	.115	.138	.188	.117	.171	.129
	D	.017	.019	.018	.048	.027	.048		C	.245	.208	.261	.133	.086	.306
Lap-2	A	.030	.008	.042	.032	.014	.097		D	.375	.538	.495	.400	.557	.419
	B	.925	.955	.867	.919	.932	.806		E	.000	.004	.000	.000	.014	.000
	C	.017	.023	.030	.000	.027	.048	Pgm-1	A	.060	.099	.098	.033	.114	.132
	D	.027	.014	.031	.048	.027	.048		B	.368	.298	.301	.400	.286	.279
Skd-1	A	.128	.054	.106	.183	.108	.019		C	.430	.306	.459	.433	.257	.456
	B	.654	.774	.865	.667	.784	.865		D	.140	.186	.126	.133	.200	.132
	C	.218	.163	.029	.150	.108	.115		E	.002	.111	.016	.000	.143	.000
	D	.000	.008	.000	.000	.000	.000	Mdh-1	A	.837	.731	.742	.983	.943	1.00
Skd-2	A	.015	.082	.109	.000	.095	.135		B	.160	.269	.258	.017	.057	.000
	B	.969	.848	.888	.967	.865	.865		C	.002	.000	.000	.000	.000	.000
	C	.015	.062	.003	.033	.041	.000	Mdh-2	A	.000	.038	.037	.000	.057	.059
	D	.000	.008	.000	.000	.000	.000		B	.052	.061	.021	.000	.057	.044
Got-1	A	.077	.066	.032	.065	.068	.076		C	.855	.872	.870	.900	.886	.882
	B	.868	.893	.954	.903	.878	.909		D	.093	.030	.073	.100	.000	.015
	C	.035	.041	.015	.032	.054	.015	Adh-1	A	.083	.168	.103	.033	.143	.059
	D	.020	.000	.000	.000	.000	.000		B	.913	.767	.879	.967	.729	.941
Got-2	A	.007	.074	.015	.000	.041	.045		C	.005	.065	.018	.000	.129	.000
	B	.960	.837	.954	1.000	.959	.955	Cat-1	A	.868	.949	.966	.917	.914	.926
	C	.012	.089	.032	.000	.000	.000		B	.132	.051	.034	.083	.086	.074
	D	.020	.000	.000	.000	.000	.000								

群体在单位点的遗传多样性差异是评价其整体遗传多样性变异的基础，从分析结果看，群体间在各单位点杂合度上均有差异（表2），但因位点而变异程度不同。如在Acp-1位点内期望杂合度相差较小为0.077，而在Mdh-1的观测杂合度差异则达到了0.538。各位点的群体平均期望（观测）杂合度也有较大变异，He变化在0.103（Got-2）至0.697（Pgm-1）之间，Ho变化在0.098（Got-2）至0.673（Pacp-1）之间，Acp-1、Mnr-1、Mnr-2、Pgm-1位点的期望杂合度平均值都超过了0.50。

表 2　6 个群体的单位点杂合度

群体		NSP	TPP	SOP	NS	TP	SO	平均	群体		NSP	TPP	SOP	NS	TP	SO	平均
Acp-1	He	.648	.675	.702	.725	.680	.721	.692	Mnr-1	He	.550	.644	.505	.551	.682	.466	.566
1	Ho	.431	.591	.727	.800	.622	.867	.673		Ho	.285	.364	.208	.367	.514	.387	.354
Lap-1	He	.190	.245	.134	.208	.104	.152	.172	Mnr-2	He	.716	.636	.648	.686	.623	.693	.669
	Ho	.119	.261	.120	.161	.081	.161	.151		Ho	.485	.506	.335	.733	.486	.484	.505
Lap-2	He	.142	.087	.242	.151	.129	.336	.181	Pgm-1	He	.657	.761	.673	.633	.779	.679	.697
	Ho	.080	.051	.130	.0161	.135	.387	.133		Ho	.415	.470	.539	.400	.457	.706	.498
Skd-1	He	.509	.371	.239	.499	.362	.237	.370	Mdh-1	He	.273	.393	.383	.033	.108	.000	.198
	Ho	.221	.296	.269	.600	.351	.269	.334		Ho	.325	.538	.516	.033	.114	.000	.254
Skd-2	He	.060	.270	.200	.064	.241	.233	.178	Mdh-2	He	.258	.234	.236	.180	.209	.216	.222
	Ho	.021	.195	.224	.067	.270	.269	.174		Ho	.220	.194	.224	.200	.171	.235	.207
Got-1	He	.239	.197	.089	.179	.221	.168	.182	Adh-1	He	.161	.380	.216	.064	.432	.111	.227
	Ho	.184	.195	.093	.194	.189	.182	.173		Ho	.135	.198	.205	.067	.257	.118	.163
Got-2	He	.077	.287	.089	.000	.078	.087	.103	Cat-1	He	.230	.097	.066	.153	.157	.136	.140
	Ho	.030	.304	.083	.000	.081	.091	.098		Ho	.255	.071	.059	.167	.171	.147	.145
Got-3	He	.374	.191	.263	.481	.323	.410	.340	平 均	He	.339	.364	.312	.307	.342	.301	.329
	Ho	.338	.160	.283	.613	.351	.576	.387		Ho	.236	.393	.268	.304	.287	.325	.285

各群体杂合度在 15 个位点表现的顺序很不一致，没有一个群体的杂合度在所有位点都是最高或最低的，且任两个群体在各位点杂合度相对大小的排列顺序也不一致。TPP 群体的杂合度在 Lap-1、Got-2、Mdh-1 位点中都是最高的，但在 Got-3 位点中却最低；TP 群体的杂合度在 Mnr-1 和 Adh-1 位点中达到最高值，但在 Lap-1 位点中则是较低值；其他群体的杂合度也分别在不同的位点达到该位点的最高值，这些现象均反映了群体间在单位点上的遗传多样性状况。

由表 2 还可看到 NS、TP 和 SO 分别有 60%、53.3%和 86.7%位点的 Ho，40%、60%和 60%位点的 He 高于其胚群体，这反映了在不同位点上，用胚分析的群体中表现的纯合位点较多。

2.1.3　遗传多样性参数

对群体遗传多样性的分析结果见表 3。6 个群体平均等位基因数、期望杂合度和多态位点百分率分别为 3.27%、0.329%和 85.6%，平均观测杂合度 0.285 低于平均期望杂合度。从具体群体看，SO 与 NS 相比，除 Ho 较低外，其他 3 个参数都高于 NS；比较 NS 与 SO 的子代群体，TP 的 A、P、He 高于 NSP，SOP 在 A、P 和 He 上则略低于 NSP，Ho 高于 NSP；整体看种子园自由授粉子代的遗传多样性程度与天然林生产的子代相似。TP 和 SOP 都是 SO 的子代群体，但也表现出一定程度的遗传多样性差异，TP 除等位基因数 A 与 SOP 相同外，P、Ho 和 He 都超过了 SOP。测定林子代 TPP 的 Ho（0.293）虽略低于 SO 和 NS，但其他参数都高于其亲代群体和其他 4 个群体，说明种子园子 2 代群体也能维持较高的遗传多样性。

纵观 3 个世代，从 P_0 代、F_1 代到 F_2 代的 A、P、He 都表现出递增趋势；从群体改良世代看，除 SOP 略低于 NSP 外，另 3 个改良群体的参数均高于 NS 和 NSP，说明改良群体的遗传多样性状况可以高于天然群体的遗传多样性水平。

表3 6个群体15个位点遗传多样性（括号内为标准误）

世代	群体	N	A	P0.05	Ho	He
	SO	31.7 (.7)	3.0 (.3)	86.7	.325 (.063)	.310 (.060)
P_0代	NS	30.3 (.1)	2.9 (.3)	73.3	.304 (.069)	.307 (.067)
	平均		2.95	80.0	0.315	0.309
	SOP	199.1 (5.4)	3.3 (.3)	80.0	.268 (.049)	.312 (.056)
F_1代	NSP	199.3 (.6)	3.5 (.2)	86.7	.236 (.037)	.339 (.057)
	TP	36.1 (.3)	3.3 (.3)	93.3	.284 (.044)	.342 (.062)
	平均		3.37	86.7	0.263	0.331
F_2代	TPP	255.1 (.5)	3.6 (.3)	93.3	.293 (.043)	.364 (.056)
总平均			3.27	85.6	0.285	0.329

2.2 群体间遗传分化

2.2.1 群体间遗传多样性的分布

对群体间单位点杂合度进行方差分析，结果显示（表4），杂合度在群体间差异没有达到统计上的显著水平，而位点间的差异达极显著水平，进一步说明了油松改良过程对其遗传多样性的影响不大。

表4 单位点期望（观测）杂合度的方差分析

		He		Ho	
变异来源	f	MS	F	MS	F
位点间	14	0.2811	33.49**	0.1731	11.31**
群体间	5	0.0080	0.9495ns	0.0133	0.875ns
误差	70	0.0084		0.0153	
总和	89				

表5 15个位点的F－统计值

位点	FIS	FIT	FST
Acp-1	.027	.057	.030
Lap-1	.125	.138	.014
Lap-2	.131	.149	.021
Skd-1	.095	.127	.034
Skd-2	.022	.050	.029
Got-1	.051	.058	.007
Got-2	.048	.086	.040
Got-3	−.136	−.078	.051
Mnr-1	.374	.399	.039
Mnr-2	.243	.266	.030
Pgm-1	.286	.299	.019
Mdh-1	−.283	−.145	.107
Mdh-2	.067	.078	.012
Adh-1	.282	.318	.051
Cat-1	−.037	−.024	.013
Mean	.134	.163	.033

F－统计分析固定指数的结果（表5），15个位点在群体间的分化系数都很小，但在位点间分化系数也有差异。Mdh-1位点的分化程度最大（0.107），Got-1位点的分化程度最低（0.007），群体间平均分化系数FST为0.033，遗传多样性的大部分（96.7%）驻留在群体内。群体内固定指数FIS为0.134，在大多数位点表现出纯合子过量，仅在3个位点存在杂合子过量。

2.2.2 遗传距离

表7 6个群体的遗传距离

群体	NSP	TPP	SOP	NS	TP	SO
NSP	* * *	.018	.016	.008	.021	.015
TPP		* * *	.015	.036	.010	.031
SOP			* * *	.026	.025	.012
NS				* * *	.026	.015
TP					* * *	.027
SO						* * *

6个群体间的Nei（1972）遗传距离（D）都很小（见表7），平均为0.02。在TPP与NS之间相距最远，为0.036，NS与其子代群体（NSP）的最近，只有0.008。3个亲代群体与其相应胚子代群体的平均距离为0.01；NS与SO的距离较小，为0.015；SO与TP和TPP的遗传距离较大，分别为0.027和0.031，而且TP与SOP、NS和NSP的遗传距离都大于0.02，可能是因TP在发育过程中受到较强选择压力作用，使其与其他群体的遗传相似性减小。从改良群体的3个世代看，遗传距离有随世代增加的趋势。

3 讨 论

3.1 油松良种选育过程中遗传多样性的变化

一般认为育种实践中加大人工选择强度能有效提高改良群体的遗传增益，但很可能降低其遗传多样性，影响其持续改良的遗传基础，不利于高世代育种。油松在改良过程中，遗传多样性究竟是提高还是降低，变化程度如何，是育种工作者和良种利用单位应该重视的问题。

影响种子园无性系及其子代群体遗传组成和遗传多样性的主要因素有建园无性系的来源、质量和数量（Xiao-Ru wang *et al.*，1991）、选择方法和选择强度。从本文结果看，SO较NS的遗传多样性高，这可能因SO各无性系来自不同地理环境的近20个林分，能够形成高于1个林分的遗传多样性；SO的子代两个群体多样性程度与NSP相似，说明种子园子代遗传多样性并不比天然林子代遗传多样性程度低，加之种子园内往往只有部分无性系对后代的种子有贡献，因此种子园实际遗传多样性也许比观测的还要高（Part & Arnal，1994）。Muona（1989）也认为，尽管种子园有效群体大小下降，但种子园子代遗传多样性程度并不比天然林低（Muona & Hariu，1989）。

本研究的SO观测杂合度高于其2个子代群体，但A和He都低于2个子代群体，A较低，一方面可能因对SO检测的无性系数目较少，使SO的部分等位基因未检测到，而其自由授粉子代的花粉来源于园内所有无性系，这样子代中可能包含了亲代所有无性系的等位基因；另一方面，可能SO受到了外源花粉污染，这些花粉携带的等位基因与SO各无性系花粉的等

位基因有异。这些园外、园内花粉都可能参与胚的形成，从而使子代等位基因数量高于亲代，但这种差异的程度较小。对北美黄杉（*Pseudotsuga menziesii*）的研究也看到人工林母树与其子代等位基因频率没有明显变化，基因多样性相似，只是在子代有所降低（Part & Arnal，1994），有人认为有一定无性系数目的种子园在一代之内丢失的遗传多样性是微乎其微的（Outi Savolainen，Katri Karkkainen，1992）。

种子园结实初期和结实盛期自由授粉子代相比，4个遗传多样性参数差异虽没有达到显著水平，但TP表现出较高的遗传多样性水平，这可能由如下几方面因素引起：(1) 种子园早期花粉虽只有少数无性系组成，但那些花粉可能携带了绝大多数等位基因，致使其早期子代的遗传多样性程度并不降低；(2) 种子园内早期的花粉不足，相对来讲受外界花粉的影响相对较大（Xiao-Ru Wang *et al.*，1991），也影响了种子园早期子代的遗传组成；(3) TP和SOP处于不同的发育阶段，TP处于成林阶段，SOP处于胚阶段。TP在生长过程中，受到了较强的选择压力，如从胚到出苗过程中的自然选择，苗木出圃的人工选择，被淘汰的个体，可能多是一些纯合位点较多的个体（Nei，1987），由此导致了由胚群体到幼树群体遗传多样性参数的变化，提高了群体的杂合度。Nei（1978）也指出，多个位点杂合的个体比少数位点杂合的个体有更高的生长率和更强的发育稳定性（developmental homeostasis）（Nei，1975）。比较2个群体15个位点出现的基因型，后期子代SOP出现的基因型比TP高出6%，这可能与种子园早期花粉由少数无性系控制，后期各无性系花粉较均衡（Outi Savolainen，Katri Karkkainen，1992）有关。

TPP除Ho较SO和NS的低外，A、P和He都高于其亲代群体TP和其他4个群体，可能良种选育过程提高了后代的遗传多样性，胚后选择也可以是两者间产生差异的原因。

纵观油松改良过程各群体的遗传多样性状况，虽然影响群体遗传多样性的原因比较复杂，但从表型看育种措施并没有使SO及其后代的遗传多样性降低，反而有所提高，尽管群体间遗传多样性参数在群体间的分化不明显，但从群体间遗传距离随世代增加的现象看，在林木遗传改良过程中合适的育种措施有可能对遗传多样性提高起积极作用。

3.2 维持育种群体遗传多样性

维护改良群体较高的遗传多样性水平和遗传效率（genetic efficiency）是良种繁育工作的基本内容。其中遗传效率是不同于遗传多样性的概念，它是指亲本将遗传优势（genetic superiority）与基因多样性（gene diversity）传递给子代的能力（Muona，1990），反映的是基因的遗传状况，而遗传多样性则主要评价基因的存在状态。因此，尽管种子园子代的遗传多样性水平较高，但也存在遗传效率损失的可能（Muona & Hariu，1989）。然而对兴城种子园的自由授粉家系（TP）的生长研究和多样性分析表明，尽管不同家系生长存在显著差异，但平均现实增益在19%左右（李悦和张春晓，1998），平均期望杂合度也要高于种子园和天然林，表现出SO较高的遗传效率。这与遗传增益往往伴随遗传多样性下降的传统观念截然相反。对种子园无性系育种值选择群体与遗传多样性参数的研究也表明，育种值与期望（观测）杂合度有显著的正相关，这反映了育种值高的个体其杂合位点的数目也可能较多，通常认为是中性突变的同工酶位点，从本文的研究结果看，它要受到一定程度的人为选择因素影响。一些研究也显示，基因位点的杂合，可能有利于个体对环境变化的适应和生长（Nei，1978；Muona，1990），这也可以是油松生长性状育种值提高的原因之一。

了解群体的遗传结构对进化和保护生物学研究尤为重要，不同群体的遗传结构是各种进

化因素共同作用的结果，决定了物种保护应采取何种策略和措施（Zin-suh kim *et al.*，1994）。从多世代育种来看，应以遗传多样性为基础不断提高遗传增益，就此不同学者提出了不同的遗传多样性评价方法和多种保存措施，如捕获曲线法、基因分类抽样法等评价技术，建立各种类型的保护区、国家封禁林、建立基因库等保存方法（宋朝枢和张清华，1988），这些评价技术和保存方法多着眼于保存所有的等位基因。在环境无显著变化时得到的突变基因常是有害或无益的（M. Nei，1975），所以保存遗传多样性，应该努力保护的是那些对育种潜在的有用的基因。

参考文献

王中仁．1996．植物等位酶分析．北京：科学出版社

李悦，张春晓．1998．油松无性系群体育种值与遗传多样性研究．北京林业大学学报，20（4）：12～18

葛颂，洪德元．1994．遗传多样性及其检测方法．见：钱迎倩，马克平（主编）．生物多样性研究的原理与方法．北京：中国科学技术出版社，123～140

宋朝枢，张清华．1988．林木种质资源的收集与保存．世界林业研究，1（4）：19～22

李悦等．1999．油松同工酶位点选择研究．北京林业大学学报，22（1）：7～13

Nei，M. 1972. Genetic distances between populations. Am. Nat.，106：283～292

Muona O.，A. Hariu. 1989. Effective population size，genetic variability，and mating system in natural stands and seed orchards of *Pinus sylvestris*. Silvae Genet，38（5－6）：221～228

Part，D.，S. Arnal. 1994. Allozyme variation and mating system in three artificial stands of Douglas－fir（*Pseudotsuga menziesii*（Mirb.）Francoplanted in Europe. Silvae Genet，43（4）：199～206

Xiao－Ru Wang，Xi－Huan Shen and A. E. Szmidt. 1991. The choice of allozyme markers for studies in conifer seed orchards：the case of *Pinus tabulaeformis* Carr. In：Fineschi，S.，M. E. Malvolti，F. Cannata and H. H. Hattemer（eds.）. Biochemical Markers in the Population Genetics of Forest Trees. The Hague，The Netherlands：Academic Publishing，173～181

Wright，S. 1977. Evolution and the genetics of populations，Vol. 3 Experimental results and evolutionary deductions. Chicago：University of Chicago Press

Write，S. 1965. The interpretation of population structure by F-statistics with special regard to systems of mating. Evolution，19：395～420

Swofford，D. L. and R. B. Selander. 1989. BIOSYS－I：A computer program for the analysis of allelic variation in population genetics and biochemical systematic－User as manual. Urana：University of Illinois

Outi Savolainen，Katri Karkkainen. 1992. Effect of forest management on gene pools. In：Adams，W. T.，H. Steven L. Strauss，Donald，A. R. Copes，Griffin（eds.）. Population genetics of forest trees. Dordrecht / Boston / London：Kluwer Academic Publishers，329～345

Xiao－Ru Wang，Dag Lindgren，Alfred E. Szmidt *et al.* 1991. Pollen migration into a seed orchard of *Pinus sylvestris* L. and the methods of its estimation using allozyme markers. Scand. J. For. Res.，6：379～385

Masatoshi，Nei. 1987. Molecular Evolutionary Genetics. New York：Columbia University Press，202～207. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station，48～52

Nei，M. 1975. Molecular Population Genetics and Evolution. North Holland，Amsterdam and New York

Nei，M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. Genetics，89：583～590

Muona，O. 1990. Population genetics in forest tree improvement. In：Brown，A. H. D.，M. T. Clegg，

A. L. Kahler , B. S. Weir (eds). Plant Population Genetics, Breeding and Genetic Resources. Nassachusetts: Sinauer, Sunderland, 282～298

Zin－Suh Kim, Chewing－Ho Yi, Seok－woolee. 1994. Genetic variation and sampling strategy for conservation in *Pinus* species. In: Zin－Suh Kim, Hans H. Hattemer (eds.). Conservation and Manipulation of Genetic Resources in Forestry. Kwang Moon Kag, Seoul, 294～319

Rong－Cai Yang, F. C. Yeh. 1992. Genetic consequences of *in situ* and *ex situ* conservation of forest trees. For Chr., 68 (6): 720～729

THE ISOZYME VARIATIONS AMONG POPULATIONS WITHIN ONE IMPROVEMENT SYSTEM OF *PINUS TABULAEFORMIS* CARR.

Li Yue, Zhang Chunxiao

(College of Forest Resources and Environment,

Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Maintaining higher genetic diversity within breeding population of forest tree is important for future selection and improvement. On the analysis of 9 isozymes, ACP, ADH, GOT, CAT, MDH, PGM, SKD, MNR and LAP, by horizontal starch electrophoresis, the change of genetic diversity parameters among 6 populations, parental (NS) and progeny (NSP) of natural stands, parental (SO) and later progeny (SOP) of seed orchard and parental (TP) and progeny (TPP) of early testing populations, within a Chinese pine (*Pinus tabulaeformis* Carr.) breeding system in Liaoning province were detected. The results show that: ① There is higher genetic diversity within each population but less differentiation among them. ② The genetic diversity of SO, which built by trees from 20 natural stands, is higher than NS. ③The diversity parameters of SOP are similar to NSP. ④ The parameters of genetic diversity are increasing from parental population (SO) to its first generation (TP) and second generation (TTP), and the parameters of all the three pops are higher than NS. It seems that the improving process could keep higher genetic diversity. The strategies of conservation of genetic diversity within forest tree breeding system were discussed.

Key words: *Pinus tabulaeformis* Carr., Breeding system, Isozyme, Genetic diversity

中国农用植物多样性与农业可持续发展

刘　旭　董玉琛

（中国农业科学院作物品种资源研究所，北京　100081）

摘要　农用植物多样性是人类赖以生存和发展的重要物质基础，因此保护和利用它是农业可持续发展的中心策略。中国约有 1 万种农用植物，并具有丰富的遗传变异；目前，已收集保存了 35.5 万份农用植物遗传资源，仍有约 15 万份亟待原位或收集保存。中国在农业生产上大约种植了 600 种栽培植物，但随着人口增加、良种推广，生产朝着集约化方向发展，形成栽培植物的多样性急剧减少，其结果形成栽培植物种类较少，作物品种单一和遗传基础狭窄，由此已数次使生产造成巨大损失。因此只有最大限度地保护农用植物及其多样性，大力开发新的农用植物和未被开发利用的栽培植物种类，使农业生产的良种多样化，并努力拓宽优良品种的遗传基础，才能使农业实现可持续发展。

关键词　农用植物　多样性　保护　利用　可持续发展

作为生物多样性重要组成部分的农用植物多样性，是地球上极为重要的财富，更是人类赖以生存和发展的重要物质基础。农用植物多样性不仅包括在任何地区、任何时间所栽培的植物种及其所有品种的全部基因遗产，还包括它们的半驯化种、野生种和亲缘种，同时还应包括人们利用采、伐、摘、挖、放牧等手段而为人所用的各种植物种。这种遗产越多，即其多样性越丰富，改良栽培品种或选育新品种的潜力就越大。农用植物多样性，不仅为人类的衣、食等方面提供原料，为人类的健康提供营养品和药物，而且为人类幸福生存提供了良好的环境，尤为重要的是，它可为人们选育所需求的新品种，开展生物技术研究提供取之不尽、用之不竭的基因来源。这里还需要指出的是，一些珍稀植物，特别是临亡、濒危植物，不仅具有科学、环境价值，而且具有人文景观和经济利用价值。

由于人口不断增加，粮食问题已成为世界面临的重大问题之一。增加粮食产量，主要不能靠扩大种植面积，因为大量开垦荒地会损害生态环境，危害生物多样性。要使农业持续发展，粮食持续增产主要得靠提高单位面积产量。欲提高单产，灌溉、施肥及其他栽培措施固然重要，而优良品种却是首要因素。选育良种要靠植物基因的多样性。目前任何高新技术都还不能创造基因，而只能在生物体之间转移、复制或修饰基因，丰富的植物基因存在于多种多样的品种（包括古今中外的品种）及其野生亲缘植物中，它们统称为农用植物基因资源或作物种质资源。人们已认识到，育种实质上是种质资源再加工，因此保护农用植物基因资源多样性是农业可持续发展的中心策略。

1 中国农用植物的多样性十分丰富

1.1 中国农用植物的种类丰富

中国幅员辽阔，生态环境复杂，农业历史悠久，经过长期的自然选择和人工选择，形成了绚丽多彩和独具特色的农用植物基因资源。据不完全统计我国农用植物约有1万种左右，它们可分为4个大类22个类群（其中许多农用植物有多种用途，因此在统计上有较多的重复计算）。

（1）食用植物

食用植物可分为直接食用和间接食用两种。在直接食用植物中包括了粮食类植物100种，食用油类植物100种，糖料类植物50种，蔬菜类植物700种，果树类植物300种，饮料类植物50种。间接食用植物包括了饲料类植物500种，牧草类植物2 500种。

（2）工业用植物

工业用植物包括：木材2 000种，纤维植物1 200种，橡胶植物50种，树胶植物100种，芳香油植物350种，工业油植物500种，鞣质植物300种，色素植物60种，寄主植物300种，编织植物150种，还有昆虫胶植物等。

（3）药用植物

药用植物计有：药用植物5 000种，兽用药植物500种，土农药用植物200种。

（4）环保植物

环保植物中有：观赏植物500种，指示植物160种，此外还有固沙防污、固氮植物。

上述农用植物又可分为野生植物和栽培植物二大类。据不完全统计，中国栽培植物有600余种（世界栽培植物约有1.2万余种），其中约有一半起源于中国或已在中国种植2 000年以上。

1.2 中国农用植物的遗传资源变异丰富

我国不仅作物种类多，并且每种作物的品种和类型多。如稻的本国地方品种就有近5万个。这些品种不仅包括籼和粳两个亚种，并且每个亚种都有水稻、陆稻，米质粘和糯，米色白和紫，栽种期有早、中、晚季又各有早、中、晚熟品种。在谷粒形态和大小、颖毛和颖色、穗颈长短、植株高度等形态特征上也是多种多样的。

中国的各种作物都有抗病、抗逆、早熟、丰产或优质的品种。中国是禾谷类作物籽粒糯性基因的起源中心，不仅稻、粟、黍、高粱等古老作物都有糯性品种，就连引入中国仅500年的玉米也产生了糯性品种——蜡质种（粘玉米），它起源于中国云南。中国是禾谷类作物矮秆基因的起源地之一，小麦的矮秆基因Rht3（大拇指矮）和Rht10（矮变1号）起源于中国；在国际稻（IR系统）选育中起了重要作用的水稻半矮秆基因Sd1（低脚乌尖、矮子粘、广场矮等）也原产于中国。中国是植物雄性不育基因的产地之一，海南岛普通野生稻（*Oryza rafipogon*）的细胞质雄性不育基因被成功地应用于杂交稻的选育，现在我国杂交稻的种植面积占水稻面积的一半左右，增产显著。小麦的核不育基因Ta1应用于轮回选择，育成了一批小麦优异种质。中国还是一些植物广泛交配基因的产地，带有kr1、kr2基因的小麦品种“中国春”早已成为世界各国小麦远缘杂交中不可缺少的亲本。总之，中国栽培植物遗传资源变异十分丰富，其中很多还有待深入研究和进一步发掘。

2 栽培植物的多样性日趋减少

随着近代科学的发展，在18世纪爆发了人类历史上一次大的科技产业革命，人们的生产能力实现了神话般的质变，即从消极地依靠大自然恩惠转向积极地向大自然索取。农业朝着集约化的方向前进，从而导致人们利用作物的种类逐渐减少，进而作物的品种逐渐单一化，品种的遗传基础越来越窄，而栽培植物对无法预料的环境变化或新出现的病害和寄生物的敏感性增加而失去抗性。

2.1 农业生产上种植的作物日益减少

地球上大约有1万～8万种可食用的植物，而人类在各个时期至少利用了3 000种食用的植物。但是尽管人类已驯化了1 200种栽培植物，可只有150种是大面积栽培的；据阿贝尔·萨松分析，目前29种占了我们食物量的90%：7种谷物（水稻、小麦、玉米、高粱、大麦、谷子和小黑麦）提供了热量的52%；3种块茎植物（木薯、马铃薯和甘薯）、8种豆类植物（落花生、豌豆、鹰嘴豆、大豆、蚕豆、菜豆、豇豆和木豆）、7种油料作物、2种产糖作物（甘蔗和甜菜）、2种热带作物（香蕉、可可）合计提供了热量的38%。

中国种植的农作物主要集中在粮食作物，而粮食作物的种植又主要集中到水稻、小麦、玉米三大作物上。据1996年统计，农作物的播种面积为1.5亿hm^2，粮食作物的播种面积为1.1亿hm^2，约占75%，而粮食作物中水稻0.3亿hm^2，小麦0.3亿hm^2，玉米0.25亿hm^2，分占粮播面积的27%、27%、22%，三大作物总共占到76%；而农作物总产4.9亿吨，三大作物为4.3亿吨，占88%。

2.2 作物的品种单一遗传基础狭窄

二战以后由于农业集约化经营和良种推广，大量作物的地方品种从生产上淘汰下来。从1945年到1986年，希腊淘汰了95%的本地小麦品种；20世纪70年代初，法国只有12个苹果品种，而100年前却有2 000个。以水稻、小麦和玉米三大粮食作物为例，20世纪40年代中国种植水稻品种46 000余个，现在只种植1 000余个，其中面积较大的（10.67万hm^2以上，1991）仅322个，并且大都是育成品种和杂交种，几乎不再种植原来的老品种。20世纪40年代全国种植小麦13 000余个品种，其中地方品种占81%，选育品种占14.9%，引进品种占4.1%；到20世纪70年代，生产上应用的小麦品种只有1000个左右，而且选育品种占91%，引进品种占4%，而地方品种只有5%；而20世纪90年代总共只种500～600个，其中面积较大的仅331个品种。20世纪40年代全国种植玉米10 300余个品种，现在大面积种植的仅152个品种，且杂交种占总面积的85%。

目前农业生产上应用的品种不仅数量关系少，而且遗传基础变窄，仍以中国种植的水稻、小麦、玉米为例，目前生产上种植的水稻有50%是杂交水稻，而这些杂交水稻的不育系绝大部分是“野败型”，恢复系则大部分为从国际水稻所引进的IR系统；小麦生产也有类似情况，全国推广的小麦品种大约一半有南大2419、阿夫、阿勃、欧柔4个品种或其派生品种的血统，而其抗病源乃是以携带黑麦血统的洛夫林系统占主导地位；玉米据不完全统计，占全国种植面积一半左右的杂交种有“Mo17”、“黄早4”这两个自交系或其改良自交系参与。其他作物和其他国家的情况也类似。

据报道，由美国科学院授权的研究指出，美国国内种植的品种绝大多数遗传多样性结构

更加脆弱：2个品种就占了冬小麦播种面积的40%；大豆栽培则限于6个品种；9个落花生品种的产量占总产量的95%。栽培植物种类较少，作物品种单一和遗传基础狭窄已数次使人类蒙受灾难或造成巨大损失。1846年造成大约50万爱尔兰人死亡以及200万幸存者移居美国的饥荒，就是由于栽培的马铃薯品种突然遭受晚疫病侵害，从而使其产量减少一半所致；1970年，美国南部种植玉米的土地有一半以上被玉米大斑病所摧毁，使美国玉米的收成损失了15%，而农民损失10亿多美元；前苏联，几个连续暖冬，使冬小麦的一个品种在1972年超出其适宜生长区，达1 500万 hm^2，然而就是这一年冬天，酷寒造成上千万吨冬小麦损失。中国小麦生产上，也曾因60年代"碧玛1号"推广数千万公顷，在1964年突遇锈病大发生而损失惨重；1990年再次由于小麦锈病大流行，带有洛夫林血统的小麦失去抗病性而损失26.5亿kg。

很显然，遗传多样性正是植物抵抗不良气候和防御毁灭性病虫害的安全因素。栽培植物在遗传上越具有均一性，越容易遭受突如其来的干旱、病毒或寄生菌（虫）的侵袭，与此相反，某一作物的遗传多样性丰富或品种遗传基础宽广才是农业丰产稳收的保障。

3 中国农用野生植物资源在遭受破坏

建国以来特别是中国改革开放以后，在国家有关部门重视和支持下，广大科技人员在"广泛收集、妥善保存、全面评价、深入研究、积极创新、充分利用"的方针指导下，在农用植物遗传资源多样性保护方面做了大量工作，取得了举世瞩目的成就。到目前为止，中国已有31.8万份农用植物遗传资源经繁种、编目、鉴定已安全存入国家作物种质库并复份保存；另有3.7万份多年生和无性繁殖的农用植物资源保存在32个国家种质圃（含两个试管苗库）内。收集、编目份数之多仅次于美国（41万份）和前苏联（37万份），而我国长期贮存的份数居世界第一位。这里需要说明的是美国保存的资源80%来自国外，前苏联50%～60%来自国外，而中国保存的资源只有19%来自国外，因此中国是一个名副其实的农用植物资源多样性丰富的古国、大国和富国。

但是，我们也应清醒地看到，目前中国已收集保存的35.5万余份的农用遗传植物资源去掉选育品种和国外材料后只有25万份左右，约占中国全部农用植物遗传资源总量的62.5%，即还有约15万份资源亟待原位或收集保存。另一方面伴随现代工业、交通和城市建设的发展以及环境污染、滥伐森林、超限采摘、盲目开垦等因素，日益加重了遗传资源的破坏和衰退，特别是野生近缘植物资源受到更大威胁。据有关部门估计，中国受威胁的动植物资源占整个区系成分的15%～20%，其程度高于世界平均10%～15%的水平，尤其令人不安的是一些农作物野生近缘植物和珍稀物种急剧减少。例如云南在1968年考察时发现的26个普通野生稻分布点，而到1980年左右只剩景洪、元江两个分布点，现在这两个点在当地千方百计保护下，也只有少量的几丛普通野生稻；1979年考察的广西贵县麻柳塘的普通野生稻覆盖面积达27.96 hm^2，目前已基本不见了，广西武宣县濠江及支流大溶沟两岸长35km都分布着普通野生稻，有的地方达13.3多公顷，现已大部分消失了；世界上普通野生稻最北分布的江西东乡野生稻在1978年发现时有78处，目前除围起来的两小部分外均已消失。山东省垦利县黄河入海口附近，原有数万公顷野生大豆，每年农民自发采集种子达数千克以上，目前只有零星分布。还有一些地区的桑、茶、果树和药用植物也遭乱砍滥伐，如用作关节炎药物的雷公藤

在中国福建、浙江几乎被砍光，目前它在江西也正在遭到“劫难”。更有甚者，一些不法商人，不顾一切的掠取名贵药材、花卉牟取暴利。

4 大力保护和利用农用植物的多样性

农业可持续发展只能建立在农用植物遗传资源多样性保护和利用的基础之上，因为只有最大限度地保护其多样性，大力开发新的农用植物和未被充分利用的栽培植物种类，使农业生产优良品种多样化，并努力拓宽优良品种的遗传基础，才能使农业实现可持续发展。

4.1 努力开发新的栽培植物

农用植物多样性使人类利用的食物种类增加成为可能。地球上大约 5 万左右可利用的植物种，人类在各个时期利用的才有 6%（3 000 种），而人工驯化成作物的只有 2.4%（1200种），其中大面积栽培的仅有 0.3%（150 种）。因此开发新的食用植物、药用植物或工业原料植物尚有相当大的潜力，许多热带和干旱、半干旱地区植物品种的营养价值，以及它们在改良现有栽培植物农艺性状中的应用，都是应大力研究的。

本世纪以来，人们已经成功地进行了这方面的尝识。中华猕猴桃是起源于中国的野生果树，1906 年新西兰人从中国武昌带回一些野生资源，经过多年的研究，培育出果大味美的栽培品种，目前栽培面积超过 0.5 万 hm^2，每年创汇 3 亿美元，成为新西兰创汇支柱产业，并被誉为“国果”。我国目前在野生果树方面还大有潜力可挖，仅野生状态下的猕猴桃全国蕴藏量就在 15 万吨以上，野生葡萄也有数万吨。希蒙得木（jojobo，*Simmondsia chinensis*）是黄杨科的一种常绿灌木，在适宜条件下可长到 5m，但在干旱地区降水量有 100～300mm 的沙漠地区也能结果，只是长的矮小，其坚果中的油可用于润发或处理皮革制品，由于发现其可代替珍贵的抹香鲸油，而被人大力开发利用；美国于 70 年代开始建立第一批种植园，到 1990 年可年产油 13 万吨。油棕是本世纪开始被人在种植园内栽培，在 60 年代它占世界食用油总量的 2%，而 80 年代则上升为 17%，从而成为世界上消费最广的食用油之一，仅次于豆油，其发展之快，令人震惊，当然除了油棕巨大经济价值外，应主要归功于组织培养技术的应用，使其选育、繁殖速率极大提高的结果；我国目前在北回归线以南已开始大量种植油棕。周总理在 1964 年从阿尔巴尼亚引进的油橄榄，目前已在许多适宜地区种植，其产量已达到地中海产区水平；橄榄油是唯一用鲜果冷榨而成的植物油，由于在营养和医疗保健方面有诸多功能，故被西方营养学家誉为“人类健康之友”，“植物油的皇后”；目前世界橄榄油仅占食用油的 3%，其价格是一般食用油的 4～8 倍，极有开发价值和利用前景。

4.2 充分发挥未被充分利用作物的潜力

人类的生存依赖于栽培植物的多样性。尽管通常说只有少数几十种主要作物提供了大部分的食物来源，但是人类不能仅仅依靠这少数作物。农业方面的研究过去也集中在几种主要作物上，对小宗作物（或未被充分利用的作物）未给予充分的重视。与主要作物不同，很多被忽视的物种适合在条件差的地区种植，如山区、干旱地区、盐碱地区等等，往往在较大范围（如全球、全洲）被忽视的作物却是某一国家或某一地区的主要食用作物（如芋头，安弟斯块茎作物，青藏高原的青稞等）或在某个特定时间为人们食物的保障供给做出了贡献（如当地的一些果树）。未被充分利用农用植物目前已开始引起一些国际组织和农业科研人员的注意，IPGRI（原 IBPGR）在 1991 年曾召开“东亚地区未被充分利用的作物遗传资源研讨会”，

1993年11月IPGRI又开始了为期3年的题为“具有发展潜力的未被充分利用的作物遗传资源的保存、利用和育种现状”的项目，1995年11月在津巴布韦的哈拉雷召开了（*Vigna subterranea*）的保存和利用国际研讨会，目的是调查这一未被利用作物的开发潜力。上述活动的结果，提出了8个大类25个种的名单，其中13个入选种被广泛看作是未被充分利用的植物，这是由过去20年不同出版物所证明的。我国目前也开始重视某些小作物种的开发利用，如荞麦，由于生长期短，经常被用做救灾作物，而另一方面由于人类对健康的要求越来越高，因此在燕麦、荞麦等作物的药用价值被发现后，很快受到人们的重视。

4.3 拓宽栽培品种的遗传基础

大多数农作物是一万年来从野生种栽培驯化而来的，在漫长的驯化过程中，人类强大的选择压力使农用植物的多样性发生急剧变化；特别是二战以来单纯追求产量，使作物品种单一化，推广品种遗传基础十分狭窄的问题更加突出。贾继增等用分子检测的方法证明了现代选育品种的遗传多样性最差，地方品种较好，野生种（含野生近缘植物）遗传多样性最丰富。他们用RFLP标记在14个普通小麦品种（系）各条染色体上的472个位点进行遗传多样性检测，其中283个位点有多态性，其中小麦稀有种硬粒小麦与粗山羊草杂交后染色体加倍育成的Synthetic特有等位变异175个，含小麦稀有种血统的品种有特有等位变异27个，地方品种有特有等位变异12个，而10个品种间杂交育成的品种只有0～7个；对这10个品种间杂交育成的品种进行21条染色体上等位变异的遗传距离测定，发现其相似系数达80%，现代品种遗传基础如此狭窄，说明利用野生种和地方品种扩大其遗传基础、增加遗传多样性是十分必要的。

野生种质（含野生近缘植物）和地方品种具有丰富的遗传多样性，并带有许多重要经济性状的优异基因，但由于这些优异基因常常与不良基因连锁，加上野生种鉴定困难，杂交不易，使育种家不愿意直接利用这些种质资源。本世纪80年代以来，由于生物技术的突破，为野生种质和地方品种的利用展现了更好的前景。目前已用分子标记的方法鉴定出许多抗病、抗逆基因，特别可喜的是Feldman利用分子标记研究指出，用小麦栽培品种与野生二粒小麦杂交，再用小麦推广品种回交，可选育出比推广品种产量高19%的品系；而Xiao等（1997）在低产野生稻中发现了两个QTL位点，可使杂交稻的产量在现有基础上再提高17%，且这个位点不与任何负效应基因连锁。我国收集编目的野生种质和地方品种达25万之多，另外还有15万份左右的野生种质和地方品种有待收集。可以说，分子技术成熟之时，就是这些资源发挥巨大潜力之日，这也是农业可持续发展的基础所在。

参考文献

阿尔贝·萨松．邵斌斌，赵彤等译．1991．生物技术与发展．北京：科学技术文献出版社，4～71
张巧玲（主编）．1987，中国农业资源与区划要览．北京：测绘出版社、工商出版社，99～102
刘江，何康等．1997．中国农业年鉴．北京：中国农业出版社

BIOLOGICAL DIVERSITY OF AGRICULTURAL CROPS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL PRODUCTION IN CHINA

Liu Xu, Dong Yushen

(Institute of Crop Germplasm Resources, the Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Biological diversity of crop germplasm resources is essential for the sustainable development of human society. Therefore, conservation of this diversity is the key strategy for sustainable development. In China, there are about 10 000 agricultural crop plants, with rich genetic diversity. Until now 3.55×10^5 accessions of crop germplasms have been collected and conserved in the National Gene bank. However, there are 1.5×10^5 accessions to be collected for either *in situ* or *ex situ* conservation. Six hundred different crop plants have been cultivated in China. Human population growth, extension of high yield varieties and utilization of chemical fertilizer and pesticide have made the biological diversity of crops sharply declined. This has led to extinction of some crops and serious narrowness of genetic background of varieties. Consequently, crops are losing their capacity for tolerance of the biotic and abitic stresses. Serious agricultural losses have occurred for several times. Therefore, developing national strategies for the conservation of biological diversity of agricultural crop plants, exploitation and utilization of new crops, enrichment of genetic bases of crop varieties and sustainable use of biological resources are the crucial steps for the sustainable development of agriculture.

Key words: Agricultural crop plant, Diversity, Conservation, Utilization, Sustainable development

世纪之交中国作物种质资源保护与持续利用的回顾和展望

刘　旭　董玉琛

（中国农业科学院作物品种资源研究所，北京 100081）

摘要　世界上有作物 1 200 种，中国就有 600 余种，中国已完成 36 万份作物种质资源的编目，并已完成全部农艺性状鉴定，部分品质、抗逆、抗病虫鉴定；建立了长期保存和中期保存的种质保存体系，并提供育种和生产利用 5 万份次，已有 3 389 份得到有效利用。目前已形成以中国农科院品种资源研究所为牵头单位，全国各有关农业科研部门共同协作的作物种质资源工作体系。近 20 年来，其工作的重点是收集、保存、鉴定，随着工作的深入，今后将转向以研究、创新和利用为主，重点进行本底调查、遗传多样性研究、特性鉴定和利用评价，积极进行种质创新，更好地为育种和农业生产服务。

关键词　作物种质资源　收集　保存　体系　研究　多样性

1　引言

中国幅员辽阔，生态环境复杂，农业历史悠久，作物种质资源十分丰富，是世界作物多样性中心之一。据初步统计，世界上栽培植物有 1 200 余种，中国就有 600 余种，其中有 300 余种是起源于中国或种植历史在 2 000 年以上。中国的种质资源被引种到世界各地，在科研和生产上均发挥了很大作用。中国经整理编目的种质资源已有 160 种作物，共 36 万份，入国家种质库长期保存的有 31.8 万余份，入圃保存的 3.7 万份，它们分属 78 科 256 属 810 个种（不含花卉和药用植物）。

对入国家种质库长期保存的 31.8 万份种质资源全部进行了农艺性状鉴定，部分进行了品质、抗逆和抗病虫鉴定，从中已初步筛选出 2 万余份综合性状较好或具有某一特优性状的种质资源。这些优异材料，部分已提供给生物技术、育种利用，有些还在高寒地区、盐碱地区、干旱地区和矿山复垦区直接推广利用，有些还向世界各国提供，都已初见成效。

通过 20 年的工作和 15 年攻关，已初步形成了由中国农科院作物品种资源研究所牵头，全国各有关农业科研部门共同协作的种质资源收集、保存、鉴定、研究、创新、利用的工作体系，但由于受到经费等方面因素的制约，此体系尚十分脆弱。加强此工作体系的关键在于适当增加投入，创造必要条件，使作物种质资源工作从目前以收集、保存、鉴定为主，及时转到以研究、创新、利用为主的轨道上，只有这样，才能持续不断地发挥种质资源的作用。

已收集编目的36万份种质中，选育材料4.3万份，国外引进材料6.7万份；其余25万份为中国的地方品种、稀有种及野生近缘植物，约占收集材料总数的70%。还有小作物、水生蔬菜、热带作物、牧草、调味、香料、花卉和药用植物有待进一步收集，预计还可以收集地方品种和野生种及野生近缘植物15万份左右，估计中国种质资源的总量实际上约在40万份左右（不包含选育和国外引进材料）。伴随着现代工业和城市建设的发展，单一生产经营和山区开发建设等带来的污染和生态环境的破坏，日益加重了种质资源的灭绝，特别是野生资源受到了更大威胁。为了实现农业的可持续发展，保护和合理利用种质资源及其遗传多样性成了十分紧迫的任务之一。

近20年的研究项目重点是收集和保存，“七五”、“八五”、“九五”3个五年计划中，国家计委和原国家科委均将《作物品种资源研究》列为国家重点科技攻关项目，组织协调全国400多个单位、2 500余名科技人员协作攻关，使中国作物种质资源工作取得重大进展。

中国下一个10年作物种质资源的总体目标是：基本查清中国作物种质资源的种类、分布、群居状况及其时空变动情况，并使中国作物种质资源保存份数每年增加0.5万份左右；研究中国作物遗传多样性富集中心形成因素，并提出原生境保存、异生境及离体保存的总体方案；建立国家作物种质资源重大科学工程（或国家重点开放实验室），并建立种质多样性、信息监控中心和监测系统；深入进行作物种质资源的特性鉴定和利用评价，积极进行种质创新，更有效地为育种和生产服务；努力开发未被充分利用的作物，进一步发挥作物种质资源在农业可持续发展中的作用。

2 保护与利用

2.1 收集

20世纪50年代在中国政府的领导下，在全国范围内进行了作物种质资源的普遍征集，农业部曾两次向全国发布征集各主要农作物原始品种材料的通知，要求以县为单位，对各种农作物全面收集整理，在此基础上制定了《国内外品种保存和供应办法（修定草案）》。从1953～1957年历时四年，共征集到53种大田作物约20万份（包括部分重复），蔬菜88种1.7万余份材料（包括部分重复）。由于保存条件的限制和“文化大革命”造成的人为破坏，到1979年作物种质资源总共只剩下43种大田作物16万余份（包括国外引进的2万份）。为了挽回损失，国家采取了补充征集、重点作物野生种考察、重点地区考察3项措施。1979年农业部和原国家科委联合发布《关于开展作物品种资源补充征集的通知》，1979～1984年五年间，共收集到60种作物11万余份种质资源。同期进行的云南等重点地区和野生稻、野生大豆等重点作物的考察，收集到新种质1.5万余份；80年代进行的西藏、神农架、海南岛3个重点地区的考察又收集到新种质近2万份，90年代又进行了大巴山区及川西南、黔南桂西山区、三峡地区、赣南粤北山区等地考察；加上1978～1990年从国外引进的种质，现今中国的作物种质资源编目总量已达36万份，其中有国外材料6.7万余份。

2.2 保存

20年来，我国已建立了长期保存和中期保存相结合的作物种质资源保存体系。

2.2.1 国家长期保存设施

国家作物种质长期保存设施主要由2座低温种质库组成，即位于北京的国家作物种质库

和位于青海西宁的国家作物种质复份库（简称复份库）。前者受中国农业科学院作物品种资源研究所领导，后者业务上亦受该所管理。

国家作物种质库于1984年破土动工，1986年建成。该库总建筑面积3 200m²，包括贮藏区、试验区、种子处理区和动力区四部分。贮藏区有长期贮藏冷库2间，面积均为150m²，温度－18±2℃，相对湿度＜57%，按每份种质贮存三盒（袋）计，贮存种质容量40万份以上，种子贮藏寿命50年以上；另有4个可调节温度的试验小冷库，面积均为17m²。国家作物种质库的任务是负责我国作物种质资源的长期保存，当库存的某份种子发芽率降低或其中期库材料绝种时，负责向有关中期库或原供种单位提供繁殖用种子，一般不向研究和利用单位供种。至1998年12月，该库保存数量已达31.8万余份（表1）。

表1 国家种质库长期保存种质资源份数（1998年12月）

作物	保存份数	作物	保存份数	作物	保存份数
水稻	64 390	荞麦	2 363	蔬菜	28 100
小麦	39 924	大豆	30 098	西瓜	961
大麦	18 089	食用豆	23 541	甜瓜	883
高粱	16 546	棉花	6 264	绿肥	663
玉米	15 223	麻类	3 972	牧草	3 021
粟类（含谷子）	25 651	油料	22 323	稗子	663
黍稷	7 460	烟草	2 838	籽粒苋	1 459
燕麦	3 171	甜菜	1 228	总计	318 831

复份库于1991年破土动工，1993年建成投入使用，总建筑面积284m²，冷库净容积183.5m²。复份库内每份种质贮存一盒（袋），据估计总容量可达40余万份。该库主要任务是复份保存国家长期库所有的种质材料，平时不取不用，仅是为了国家作物种质库万一发生意外而设立的。

2.2.2 中期保存设施

从20世纪70年代后期开始，中国农科院作物品种资源研究所、中国水稻研究所，中国农科院蔬菜花卉研究所、草原研究所、烟草研究所、原子能研究所、油料研究所、棉花研究所，以及广西、河北、湖北、黑龙江、辽宁、北京、山西、湖南、广东、云南、四川、青海、新疆、上海等省、自治区、直辖市的农业科学院及河北农业大学，相继建成了22座中期库，这些中期库的贮存温度大都在0～10℃，贮存种子寿命在15年左右。中期库主要负责本专业、本地区范围内种质资源的保存和种质材料的分发与交换，现在贮存种质共计40余万份。

2.2.3 田间保存

尽管大部分作物为种子繁殖方式，其种质资源可以在种质库内保存，但多年生和无性繁殖作物种质资源不能用种子繁殖，而需要建立种质圃进行田间保存。至1998年12月，我国已建立30个国家种质圃，保存种质材料达3.7万余份（表2）。

2.2.4 离体保存

近20年来，各国科学家致力于用离体保存技术（试管苗茎尖培养和超低温保存）的研究和利用。我国在这方面也取得一定进展，建成2座国家试管苗种质库，保存甘薯1 400份（江

苏徐州），马铃薯900份（黑龙江克山）。中国农业科学院作物品种资源研究所用粮食、蔬菜、花卉和药材等21份材料的种子，将其贮藏在－196℃的液态氮中，然后解冻至常温测定发芽情况后在田间种植，表现发芽力正常。此外，还对玉米、黑麦、桃、梨的花粉、甘蔗茎尖愈伤组织、猕猴桃茎段，以及"顽拗型"种子茶籽等进行超低温保存研究，亦已成功。

表2 我国各作物种质圃保存的材料份数（1996年12月）

序号	圃名称及依托单位	面积（亩）	作物	保存份数	保存的种、变种及近缘野生种	备注
1	国家种质广州野生稻圃（广东农业科学院水稻研究所）	6.7	野生圃	4 300	21个种	入国家库2 455份
2	国家种质南宁野生稻圃（广西农业科学院品资研究所）	6.3	野生稻	4 633	17个种	入国家库2 186份
3	国家种质广州甘薯圃（广东农业科学院旱作研究所）	30.0	甘薯	950	1个种	
4	国家种质武昌野生花生圃（中国农业科学院油料研究所）	5.2	野生花生	103	22个种	含南宁分圃1.5亩
5	国家种质武汉水生蔬菜圃（武汉市蔬菜研究研究所）	75.0	水生蔬菜	1 276	28个种3个变种	12种蔬菜
6	国家种质杭州茶树圃（中国农业科学院茶叶研究所）	63.0	茶树	2 527	17个种5个变种	含勐海分圃30亩
7	国家种质镇江桑树圃（中国农业科学院蚕业研究所）	87.0	桑树	1 757	11个种3个变种	
8	国家种质沅江苎麻圃（中国农业科学院麻类研究所）	30.0	苎麻	1 303	16个种7个变种	
9	国家果树种质兴城梨、苹果圃（中国农业科学院果树研究所）	196.0 180.0	梨 苹果	731 703	14个种23个种	
10	国家果树种质郑州葡萄、桃圃（中国农业科学院郑州果树研究所）	30.0 40.0	葡萄 桃	916 510	17个种3个变种 5个种5个变种	
11	国家果树种质重庆柑橘圃（中国农业科学院柑桔研究所）	240.0	柑橘	1 041	22个种	
12	国家果树种质泰安核桃、板栗圃（山东农业科学院果树研究所）	73.0	核桃 板栗	73 120	10个种5个种 2个变种	
13	国家果树种质南京桃、草莓圃（江苏农业科学院园艺研究所）	60.0 20.0	桃 草莓	600 160	4个种3个变种 4个种	
14	国家果树种质新疆名特果树及砧木圃（新疆农业科学院园艺研究所）	230.0	新疆名特果树及砧木	648		
15	国家果树种质云南特有果树及砧木圃（云南农业科学院园艺研究所）	120.0	云南特有果树及砧木	800	98个种	
16	国家果树种质眉县柿圃（陕西农业科学院果树研究所）	46.0	柿	784	5个种	含引种观察圃5亩
17	国家果树种质太谷枣、葡萄圃（山西农业科学院果树研究所）	126.0 20.61	枣、葡萄	456 361	2个种3个变种 4个种1个野生种	
18	国家果树种质武昌砂梨圃（湖北农业科学院果茶研究所）	50.0	砂梨	522	3个种（含1个野生，1个半野生）	
19	国家果树种质公主岭寒地果树圃（吉林农业科学院果树研究所）	105.0	寒地果树	855	57个种	
20	国家果树种质广州荔枝、香蕉圃（广东农业科学院果树研究所）	80.0 10.0	荔枝 香蕉	194 130	3个种（含1个野生，1个半野生）1个变种	

（续）

序号	圃名称及依托单位	面积（亩）	作物	保存份数	保存的种、变种及近缘野生种	备注
21	个变种国家果树种质福州龙眼、楷杷圃（福建农业科学院林业果树研究所）	32.33 21.0	龙眼 枇杷	236 251	3个种1个变种 3个种1个变种	
22	国家果树种质北京桃、草莓圃（北京市农林科学院林业果树研究所）	25.0 10.0	桃 草莓	250 284	5个种5个变种 6个种	
23	国家果树种质熊岳李、杏圃（辽宁农业科学院果树研究所）	160.0	杏 李	600 500	9个种 11个变种	
24	国家果树种质沈阳山楂圃（沈阳农业大学果树园艺研究所）	10.0	山楂	170	8个种2个变种	
25	中国农业科学院左家山葡萄圃（中国农业科学院特产研究所）	3.0	山葡萄	380	1个种	
26	国家种质多年生牧草圃（中国农业科学院草原研究所）	10.0	多年生牧草	2 454	265个种	含入国家库2 454份
27	国家种质开远甘蔗圃（云南农业科学院甘蔗研究所）	30.0	甘蔗	1 718	16个种	
28	中国热带农业科学院橡胶热作种质圃（中国热带农业科学院）	313.23 37.8	橡胶 热作	6 900 584	6个种1个变种 20多个种	
29	中国农业科学院海南野生棉种质圃（中国农业科学院棉花研究所）	6.0	野生棉	460	41个种	
30	中国农业科学院多年生小麦野生近缘植物圃（中国农业科学院品资研究所）	8.0	小麦近缘植物	1 798	181个种18个亚种（变种）	含入国家库412份
	合　计	2 896		37 832（不含重复）	1 004个种（亚种）（有部分种未编目）	变种未统计在内

2.3 评价

从1986年开始，按照国家重点科技攻关的统一布署，由中国农业科学院作物品种资源研究所组织协调全国400个单位、2 500余名科技人员对我国的作物种质资源进行全面评价与鉴定。据统计，截至到1995年12月，在第二个五年计划中，共进行农艺性状鉴定35万余份，品质鉴定19万余份，抗逆性鉴定14万余份，抗病虫鉴定20万余份，其他鉴定5 000余份；共筛选出单项或几项性状优异的种质3.5万余份；向各育种和生产单位提供各类种质资源5万余份次，其中3 389份得到有效利用，直接作为品种利用或间接育成品种和品系629个，应用面积达0.12亿hm^2。

通过国家“七五”、“八五”和正在进行的“九五”科技攻关，我国目前已建成拥有160种作物（隶属78个科、256个属、810个种或亚种）、36万份种质信息、2 400万个数据项值、800兆字节的中国作物种质资源信息系统（CGRIS）。它是目前世界上最大的作物种质资源信息系统之一，包括国家作物种质库管理、青海复份库管理、国家种质圃管理、中期库管理、农作物特性评价鉴定、优异资源综合评价和国内外种质交换7个子系统，近700个数据库。

3 工作体系

中国目前尚未建立国家级的植物遗传资源委员会，有关植物遗传资源工作，由国家计委、科技部统一协调，政府的各有关部门分头执行，其中作物种质资源工作由农业部负责。现已初步形成在农业部和科技部领导下，以中国农业科学院品种资源研究所为统筹协调单位，与

国家、地方有关科研单位共同协作的中国作物种质资源工作体系。

(1) 中国农科院作物品种资源研究所统筹协调全国作物种质资源研究工作，其具体职责如下：

①统筹全国各类作物种质资源研究的规划与组织协调工作，并负责重点课题进展情况的汇总与上报；

②负责作物种质资源的国外引种和对外交换的归口管理工作；

③负责作物种质资源的长期保存和管理；

④负责全国作物种质资源信息系统的建立和完善；

⑤负责组织重点作物和重点地区种质资源的考察与搜集；

⑥主持主要粮食作物种质资源的考察、收集、整理、鉴定、研究与中期保存，并安排繁殖更新和分发利用；

⑦负责国内外作物种质资源研究工作信息资料的搜集、编辑、出版与交流。

(2) 各类作物品种资源研究工作分别由表3所列单位主持并具体负责实施，其具体职责如下。

表3 作物种质资源研究工作各作物负责单位一览表

作物	负责单位	地址、邮编
水稻	中国农业科学院品种资研究所、中国水稻研究所	北京 100081，浙江杭州 310006
小麦	中国农业科学院品资研究所	北京 100081
大麦	中国农业科学院品资研究所	北京 100081
玉米	中国农业科学院品资研究所	北京 100081
高粱	中国农业科学院品资研究所、辽宁农业科学院	北京 100081，辽宁沈阳 110161
谷子	中国农业科学院品资研究所	北京 100081
大豆	中国农业科学院品资研究所	北京 100081
食用豆类	中国农业科学院品资研究所	北京 100081
燕麦、荞麦	中国农业科学院品资研究所 内蒙古农牧科学院、山西农业科学院	北京 100081 内蒙呼和浩特市 010030，山西太原 030031
黍稷	山西农业科学院	山西太原 030031
甘薯	江苏徐州甘薯研究中心	江苏徐州 221121
马铃薯	黑龙江克山农科研究所	黑龙江克山 161606
棉花	中国农业科学院棉花研究所	河南安阳 455112
油料	中国农业科学院油料研究所	湖北武汉 430062
麻类	中国农业科学院麻类研究所	湖南沅江 413100
烟草	中国农业科学院烟草研究所	山东青州 262500
甜菜	中国农业科学院甜菜研究所	黑龙江呼兰 150501
蔬菜	中国农业科学院蔬菜研究所	北京 100081
茶	中国农业科学院茶叶研究所	浙江杭州 310008
桑	中国农业科学院蚕业研究所	江苏镇江 212018
果树	中国农业科学院果树研究所 郑州果树研究所、柑橘研究所	辽宁兴城 121600 河南郑州 450004，重庆北碚 400712
特产	中国农业科学院特产研究所	吉林省吉林市左家 132109
饲料	中国农业科学院畜牧研究所	北京 100081
牧草	中国农业科学院草原研究所	内蒙古呼和浩特 010010
绿肥	中国农业科学院土肥研究所 1	北京 100081
热带作物	中国热带农业科学院	海南儋县 571737

①负责本单位主管作物种质资源工作的规划与组织协调

②负责本单位主管作物种质资源的考察、搜集、整理、鉴定、研究与中期保存，并安排繁殖更新和分发利用；

③负责本单位主管作物国外新引入种质资源的试种、观察与繁殖分发；

④负责本单位主管作物种质资源情报资料的搜集与交流。

（3）各省、自治区、直辖市农业科学院还设置相应机构，负责本省、市、自治区农作物种质资源工作，并承担有关作物主持单位委托的种质资源协作研究任务，其具体职责如下。

①主持本省、自治区、直辖市农作物种质资源的考察、搜集、整理、鉴定和中期保存与繁殖更新；

②承担受委托的某些作物种质资源工作的全国性任务；

③负责本省、自治区、直辖市农作物种质资源的档案管理与资料交流。

4 今后工作重点

今后中国作物种质资源研究工作的重点主要是：

（1）国作物种质资源及其多样性的基础调查

基本查清作物种质资源的种类、分布、居群数量及其时空动态变动情况、生态学和生物学特性，进行重点地区（如大别山区、武陵山区、秦岭山区、闽浙赣皖山区、长白山区等）、重点作物（起源于中国的、未被充分利用的作物等）及中国与周边国家边缘地带的考察收集。同时，加强国外引种和对外交换工作，逐步建立和完善4～6个主要生态区隔离引种试种、种质繁殖更新和优异种质展示三位一体的作物种质资源区域研究中心。

（2）中国作物种质资源多样性富集中心形成因素研究和总体保护政策研究

在基础调查的基础上，确定保护对象，划分濒危等级，编制中国濒危作物种质资源名录；在确定对象时，除根据濒危程度外，还应考虑学术价值或经济价值较高的特有、稀有珍贵种类，作物、花卉、林木、药用等野生型及近缘植物也应优先列入其中。研究50种作物（以原产中国为主）种质资源的分布状况，根据历史、地理、人文、社会、生态、地质等各种资料，研究富集中心的形成因素和演变规律（包括重要属性分布规律）；建立作物种质资源地理信息系统；调查研究主要原产中国的作物稀有种质和近缘野生植物分布状况和富集中心，并提出珍稀、濒危物种名录和保护对策。

除继续建立自然保护区、自然公园和植物园、树木园外，还要重点保护农业生态系统，建立24个作物野生亲缘种保护点和农业类保护地和保护区；更换和添置国家种质库的制冷、除湿设备，增加长期监控和自动报警的自动化系统，增建10个种质资源中期库和8个无性繁殖和多年生作物保存圃，形成对作物种质资源原生境保存、异生境及离体保存一整套全面保护作物种质资源方案。建立保护区、点、库、圃信息联网，形成以北京为中心的作物种质资源多样性种质、信息监控中心和监测系统。

编制中英文中国作物种质资源信息网络主页（Homepage），研制作物种质资源元数据库（Meta database）；改造中国作物种质资源信息系统，建成英文版的中国作物种质资源信息系统；研究网络主页与作物种质资源信息系统的动态链接，以实现因特网（Internet）下的数据查询；研究因特网环境下的中国植物遗传资源信息评价系统，以提供宏观和决策信息。

（3）中国作物种质资源的研究

根据大量基础材料及各种性状，如植物学特征、农艺学特点、生物学特性的资料，利用细胞学、遗传学、分类学、生物学、地理学知识以及生化标记和分子标记的方法，进行主要农作物（水稻、小麦、棉花、玉米、大豆）的遗传多样性和核心种质研究，并绘制其主要品种和重要种质材料的指纹图谱。

应用常规遗传学与现代生物技术相结合的方法在主要作物（水稻、小麦、棉花、玉米、大豆）及其野生近缘植物中发现新的丰产、优质、抗病虫、抗逆或其他有用的新基因，并对它们克隆、研究和利用。

鉴于栽培植物的分类对作物种质资源的利用至关重要，况且现在多数作物在种以下无成熟的分类系统可循，所以要利用传统手段与现代生物技术手段相结合，研究并提出原产中国的 100 种主要作物的科学、适用的并为国内外科学家所接受的分类系统，并对其中主要作物（水稻、小麦、大豆、谷子、油菜、多种果树和蔬菜）进行起源、演化研究。

（4）作物种质资源的评价和利用

对新收集、新引进的各类作物种质资源进行编目、繁种、入库，同时进行主要农艺性状、抗逆性、抗病虫性和品质特性鉴定。

重点选择关系到国计民生的几种主要粮食作物和园艺、经济作物即水稻、小麦、玉米、大豆、棉花、油菜、重要果树和蔬菜等，对其具有利用价值的野生、特异种质，通过常规杂交、远缘杂交、辐射技术和生物技术相结合进行基因导入和重组，获得具有利性状的中间材料供作物育种和生物技术利用。

通过对现有作物种质资源鉴定出的约 3.5 万余份优异种质进行深入评价，从中向生产、育种和生物技术部门提供新的矮源、早熟源、丰产源、高配合力、高抗逆、高抗病虫、高蛋白、高油分和工艺品质好的材料。

参考文献

娄希祉，刘旭等．1998．中国粮食和农业植物遗传资源概况．粮食和农业植物遗传资源资料汇编（内部印刷），1～40

Dong Yushen. 1987. Recent development of research on crop germplasm resources in China. Crop Genetic Resources of East Asia, IBPGR, 15～19

Jiang Chaoyu and Liu Xu. 1992. The progress of research work on crop germplasm resources in China. Genetic Resources and Crop Evolution, 39: 55～58

Liu Xu and Jiang Chaoyu. 1994. The System of Crop Germplasm Resources Work in China. Integrated Resource Management for Sustainable Agriculture, Beijing Agricultural University Press, 222～225

PROSPECTIVE ON PROTECTION AND SUSTAINABLE USE OF CHINESE CROP GERMPLASM AT DAWN OF 21ST CENTURY

Liu Xu, *Dong Yushen*
(Institute of Crop Germplasm Resources, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100081)

There are about 1 200 different agricultural crop plants in the world. In China, more than 600 360 000 accessions of crop germplasm have been documented, characterized and evaluated on agronomy traits, quality, resistance to disease & pest and tolerance to stress. Conservation systems for both long term and middle term have been established. 355 000 collections have been safely conserved in the national gene banks. 50 000 (accession. times) have been provided for breeding and direct use, in which, 3 389 accessions have been successfully used. Today, a working network coordinated by ICGR of CAAS has been set up involving most of agriculture science institutes in our country concerning crop germplasm and breeding. In the past twenty years, this network paid its attention to collection, conservation, and characterization of crop genetic resources. In the coming years, this network will move its focus on study, enhancement and utilization of these collections. The major research fields will involve genetic diversity, agronomy trait verification, potential evaluation, and enhancement. The goal is to provide better service for crop breeding and production.

Key words: Crop germplasm, Collection, Conservation, System, Research, Diversity

油松 10 个天然与人工群体两个同工酶系统的遗传多样性研究*

[1]张春晓 [1]李 悦 [1]沈熙环 [2]陈雪梅

([1]北京林业大学森林资源与环境学院，北京 100083)

([2]北京林业大学生物学院，北京 100083)

摘要 采用水平淀粉凝胶电泳方法分析了油松自然分布区内 10 个地理群体 GOT、LAP 两个酶系统 4 个同工酶位点水平上的遗传多样性。结果显示：油松地理群体的多态位点百分率（P）为 90.00%（50%～100%）；位点平均等位基因数（A）为 3.77（3.5～4.0）；观测杂合度（H_0）与期望杂合度（He）分别为 0.147（0.102～0.197）和 0.179（0.121～0.208）；所有群体内都表现出杂合子缺乏，群体间分化程度极低（Fst＝1%），群体间平均固定指数 0.181；遗传多样性参数与多数地理和气象因素无显著相关关系，但有逆境条件下群体杂合度增加的趋势；并讨论了群体内研究位点的遗传多样性水平和群体间的分化程度影响。

关键词 油松 地理群体 同工酶 遗传多样性

树种遗传多样性的数量和方式决定了它适应变化环境的能力，是维持森林生态系统长期稳定的基础（Adams *et al.*，1992）。了解树种内群体的遗传多样性状况，对认识种内变异和指导营林活动有积极意义。油松（*Pinus tabulaeformis* Carr.）是我国北方分布广泛的用材林和防护林树种，分布区内环境变化复杂，近年对油松群体在形态、生长和适应性等方面的地理变异模式开展了较多研究，对其酯酶和单萜烯组分的地理变异也有报道（徐化成，1992）。本文利用 4 个同工酶位点的 116 个等位基因，试图进一步阐明油松地理群体的同工酶遗传多样性状况，及其与地理和气象因素的关系，为更有效地制定遗传多样性保护策略提供有益参数。

1 材料与方法

1.1 材料来源

种子采自油松分布区内的 10 个群体（辽宁建平、河北承德、内蒙古宁城、甘肃靖远、青海互助、山西沁源、河南南召、陕西洛南、四川小金和辽宁兴城），其中 3 个（建平、承德、洛南）为人工群体，其建群繁殖材料分别来自当地天然林分。每个群体采 20 株，群体内球果和种子混合收集，各群体地理位置及主要气象因子见徐化成主编《油松地理变异和种源选

* 国家自然科学基金资助项目（39470596）。

择》(徐化成，1992)。

1.2 同工酶实验

从每个群体随机抽取69～187粒种子，共1 310粒种子。温室发芽4～5天，取其胚与胚乳分别在冰浴下研磨。采用水平淀粉凝胶电泳方法分别分析胚与胚乳的谷草转氨酶GOT (E.C.2.6.1.1) 和亮氨酰氨肽酶LAP (E.C.3.4.11.1) 两种酶系统。分析方法见沈熙环(1981) 的介绍 (沈熙环，1981)。对兴城天然林还分析了酸性磷酸脂酶ACP (E.C.3.1.3.2)、莽草酸脱氢酶SKD (E.C.1.1.1.25)、维生素K_3还原酶MNR (E.C.1.6.99.2)、磷酸葡萄糖变位酶PGM (E.C.5.4.2.2)、苹果酸脱氢酶MDH (E.C.1.1.1.37) 和过氧化氢酶CAT (E.C.1.11.1.6) 6种同工酶系统，分析方法和酶谱见张春晓、李悦论文 (1999) (李悦和张春晓，1998)。

1.3 数据处理

由于群体内种子混合，不能通过胚乳推断母树基因型，因此仅对胚的基因型进行统计分析。计算的群体遗传多样性参数有：多态位点百分率 (*P*)，平均每个位点等位基因数 (*A*)，观测杂合度(*Ho*)和无偏期望杂合度(*He*)(王中仁，1996)。群体内及群体间变异分析采用Wright的F－统计 (Adams *et al.*, 1992)，用Nei的两种遗传距离 (Nei，1972；1978) 进一步分析群体间分化情况，采用Nei的无偏遗传距离UPGMA分析方法 (Nei，1975) 对群体进行了聚类分析；利用χ^2分析法，对各位点等位基因频率偏离Hardy－Weinberg遗传平衡定律的程度作了检验。数据分析借助了BIOSYS－I程序 (Swofford *et al.*, 1989)。对谱带、多样性参数与群体地理位置及气象因子作了相关分析。

2 结果与分析

2.1 GOT和LAP的酶谱分析

酶谱分析参照王中仁 (1996) 介绍的方法。GOT共出现3个染色区，其中迁移最慢的一个染色区由于一些谱带不符合遗传规律未做统计，另外两个区按照迁移率的快慢分别记为GOT-1、GOT-2两个位点；LAP出现两个位点，分别记为LAP-1和LAP-2 (李悦和张春晓，1998)；胚乳与胚对照分析，确定每个位点的等位基因和每粒种子的基因型，4个位点均各出现4个等位基因，而且每个位点包含1个亚等位基因 (王中仁，1996)。以酶谱为基础进行统计分析。

2.2 基因频率

10个群体4个位点的等位基因频率列在表1内。在0.99水平上，4个位点在所有群体中都是多态的；在0.95水平上，除了建平的LAP-2位点、沁源的LAP-1与LAP-2和兴城的GOT－2位点之外，其他群体在所有位点上均表现为多态。等位基因频率在群体间差异不大，且常见等位基因在所有群体中频率都是最高的 (均大于0.80)，除GOT-2位点外，其他3个位点在7个群体中都存在缺少某种稀有等位基因的情况，如第1个群体中缺少LAP-1的A等位基因和LAP-2的D等位基因。10个群体中，承德、靖远和南召3个群体具有全部等位基因 (表1)。

地理位置与基因频率无显著相关，海拔与GOT-2的高频等位基因B有一定的负相关，与低频等位基因C呈显著的正相关；降水对GOT-2的等位基因B、C均有显著影响，与高频基

因 B 呈正相关；与低频基因 C 呈显著负相关，年均温与 LAP-2 的低频等位基因 D 呈显著的负相关（表 1）。反映了这些基因随主要环境因子变化的趋势。位点 GOT-1 和 LAP-1 与各环境因子均未表现出显著相关。

表 1　各群体等位基因频率分布及其与环境因子相关分析

位点	基因	研究群体										相关分析				
		建平	承德	宁城	靖远	互助	沁源	南召	洛南	小金	兴城	东经	北纬	海拔	年均温	年降水
GOT-1	A	0.146	0.131	0.069	0.117	0.115	0.090	0.080	0.101	0.077	0.077	0.05	0.35	0.12	−0.23	−0.45
	B	0.811	0.840	0.917	0.846	0.869	0.882	0.891	0.887	0.859	0.868	−0.04	0.24	−0.03	0.22	0.40
	C	0.035	0.021	0.000	0.031	0.016	0.028	0.014	0.012	0.040	0.035	−0.12	0.11	0.04	−0.14	−0.13
	D	0.008	0.007	0.015	0.006	0.000	0.000	0.014	0.000	0.024	0.020	0.18	0.05	−0.32	0.13	0.15
GOT-2	A	0.051	0.028	0.010	0.037	0.008	0.006	0.014	0.012	0.026	0.007	0.06	0.19	0.04	−0.09	−0.49
	B	0.862	0.879	0.882	0.833	0.842	0.949	0.920	0.905	0.900	0.960	0.39	0.12	−0.58*	0.19	0.78*
	C	0.047	0.050	0.064	0.083	0.120	0.034	0.022	0.048	0.022	0.012	−0.45	−0.13	0.66*	−0.46	−0.67*
	D	0.039	0.043	0.044	0.046	0.029	0.011	0.043	0.036	0.052	0.020	−0.22	−0.19	0.18	0.48	−0.25
LAP-1	A	0.000	0.017	0.043	0.021	0.028	0.000	0.043	0.012	0.008	0.000	−0.13	−0.09	0.28	0.23	−0.04
	B	0.944	0.938	0.929	0.916	0.930	0.958	0.841	0.929	0.926	0.896	0.11	0.32	0.06	−0.39	−0.41
	C	0.037	0.024	0.005	0.034	0.006	0.036	0.065	0.042	0.029	0.087	0.34	−0.09	−0.49	−0.17	0.52
	D	0.019	0.021	0.024	0.029	0.035	0.005	0.051	0.018	0.037	0.017	−0.44	−0.50	0.40	0.38	0.10
LAP-2	A	0.023	0.024	0.062	0.038	0.041	0.026	0.014	0.036	0.016	0.030	0.07	0.42	0.07	−0.43	−0.49
	B	0.953	0.928	0.905	0.944	0.918	0.953	0.935	0.940	0.873	0.925	0.32	0.28	−0.13	−0.04	−0.02
0.28	C	0.023	0.034	0.024	0.009	0.028	0.016	0.043	0.024	0.111	0.017	—	0.41	−0.58*	0.14	0.43
	D	0.000	0.014	0.010	0.009	0.013	0.005	0.007	0.000	0.000	0.027	0.35	0.49	−0.21	−0.63*	−0.10

2.3　群体内随机交配状况分析

表 2　群体中各位点等位基因频率偏离 Hardy-Weinberg 平衡定律的 χ^2 分析

地理群体	GOT-1			GOT-2			LAP-1			LAP-2		
	χ^2	d.f.	P	χ^2	d.f.	P	χ^2	d.f.	P	χ^2	d.f.	P
建平	253.6	6	0.000	9.13	6	0.167	170.4	3	0.000	0.230	3	0.97*
承德	282.2	6	0.000	16.0	6	0.014	71.4	6	0.000	82.8	6	0.000
洛南	17.58	3	0.001	0.223	6	1.000*	7.702	3	0.053	0.205	6	1.00*
宁城	67.6	3	0.000	230.9	6	0.000	40.7	6	0.000	39.9	6	0.000
靖远	323.3	6	0.000	12.6	6	0.051	20.5	6	0.002	233.3	6	0.000
互助	0.991	3	0.803*	63.4	6	0.000	89.6	6	0.000	230.7	6	0.000
沁源	2.286	3	0.515	43.6	6	0.000	0.453	6	0.998*	0.301	3	0.96*
南召	138.2	6	0.000	0.467	6	0.998*	78.4	6	0.000	7.898	6	0.246
小金	161.2	6	0.000	139.6	6	0.000	103.2	6	0.000	43.4	3	0.000
兴城	207.3	6	0.000	289.7	6	0.000	44.3	3	0.000	155.9	6	0.000

说明：* 遵从 Hardy-Weinberg 遗传平衡定律的位点

根据各位点等位基因频率偏离 Hardy-Weinberg 遗传平衡定律的程度对 10 个地理群体

进行了群体内随机交配状况的分析（表2），结果显示：有5个群体（承德、宁城、靖远、小金和兴城）在所有位点上都不符合遗传平衡定律，建平、互助和南召在1个位点上符合平衡定律，洛南和沁源有2个位点符合，反映了群体间随机交配状态的差异。偏离Hardy－Weinberg平衡的主要原因是各位点的纯合子高于理论值和缺少某些杂合子所致。这种非随机交配现象可能与群体规模和人为影响有关，影响到对地理变异规律的分析。

2.4 遗传多样性状况

2.4.1 群体内遗传多样性

各群体内4个位点的平均遗传多样性有较高水平（表3）。每个群体平均多态位点基因数在群体间变化范围为3.5～4.0，平均3.77，基因数最多群体为承德、靖远和南召；群体的多态位点百分率较高，有7个群体为100%，建平和兴城为75%，而山西沁源只有50%；群体观测杂合度在0.102～0.197，平均0.147，平均观测杂合度（0.147）比平均期望杂合度（0.179）低21.8%。总的来说，所有群体均表现出杂合子缺乏，平均固定指数（F）为0.181。

表3 10个群体在4个同工酶位点上的遗传多样性

地理群体	N	A	P*	Ho	He**	Ho/He	F
辽宁建平	117	3.5（0.3）	75.0	0.165（0.060）	0.193（0.056）	0.855	0.145
河北承德	143	4.0（0.0）	100.0	0.165（0.048）	0.189（0.037）	0.873	0.127
内蒙宁城	103	3.8（0.3）	100.0	0.121（0.014）	0.171（0.017）	0.708	0.292
甘肃靖远	140	4.0（0.0）	100.0	0.197（0.051）	0.208（0.045）	0.947	0.053
青海互助	173	3.8（0.3）	100.0	0.177（0.048）	0.199（0.033）	0.889	0.111
山西沁源	93	3.5（0.3）	50.0	0.118（0.033）	0.121（0.031）	0.975	0.025
河南南召	69	4.0（0.0）	100.0	0.141（0.014）	0.191（0.036）	0.738	0.262
陕西洛南	84	3.5（0.0）	100.0	0.146（0.012）	0.158（0.020）	0.924	0.076
四川小金	121	3.8（0.3）	100.0	0.136（0.026）	0.202（0.025）	0.673	0.327
辽宁兴城	201	3.8（0.3）	75.0	0.102（0.032）	0.161（0.034）	0.634	0.366
平均	124.4	3.77	90.00	0.1468	0.1793	0.819	0.181

说明：* 位点最常见等位基因的频率不超过0.95时，该位点被认为多态；* * 无偏估计；括号内为标准误

对各多样性参数与等位基因频率的相关分析（表4）可看出，平均等位基因数 *A* 的变化受LAP-1位点的影响较大；多态位点百分率 *P* 与GOT-2的D和LAP-1的A、D三个低频等位基因呈显著正相关；期望杂合度 *He* 与GOT-2的B高频等位基因频率呈负相关，与GOT-2的D和LAP-1的D这2个低频等位基因频率呈明显的正相关。由此看来，群体遗传多样性参数有较大程度受低频等位基因影响。

2.4.2 群体间遗传分化

各多样性参数 *A*、*P*、*Ho* 和 *He* 在群体间的变异系数分别为5.45%、19.42%、19.96%和14.89%，除A外，其他3个参数的变异水平相近，反映了在群体间有一定的遗传差异。10个群体均杂合子不足，F为正，表明各群体存在不同程度近交（表3），近交程度最大的为兴城群体（F＝0.366），最小的为沁源群体（F＝0.025）。

表4　等位基因频率与遗传多样性参数间的相关关系

参数	GOT-1				GOT-2				LAP-1				LAP-2			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
A	−0.12	0.03	−0.10	0.37	0.04	−0.26	0.12	0.49	0.58#	−0.57#	0.02	0.64*	−0.03	−0.31	0.15	0.46
P	−0.01	0.13	−0.42	0.18	0.10	−0.55#	0.36	0.80**	0.66*	−0.36	−0.32	0.69*	0.21−	−0.48	0.33	−0.06
HO	0.75*	−0.55#	0.05	−0.46	0.61#	−0.89**	0.70#	0.44	−0.17	−0.12	−0.43	0.30	−0.01	0.23	−0.13	−0.25
HE	0.35	−0.45	0.14	0.28	0.58#	−0.74*	0.37	0.78**	0.35	−0.29	−0.23	0.72*	−0.11	−0.35	0.36	−0.06

F－统计表明，位点间的固定指数变化很大（见表5），FIS的估计值表明所有位点均是杂合子缺乏，但缺乏程度不同。GOT-1只是稍微表现出杂合子缺乏，而LAP-1却是存在着严重的杂合子不足，由Fst估计的群体间分化为1%，即该4个位点99%的遗传多样性驻留在群体内。

群体间无偏遗传距离平均为0.002（SD=0.001），变化在0～0.005之间，这进一步说明这4个位点在群体间的分化程度极低。通过无偏遗传距离对10个群体进行聚类分析，未表现出明显的类间差异。多样性参数与群体所处地理位置及多数气象因子无关（表6），但海拔与实际杂合度呈显著正相关（r=0.63307），年均降水量与实际杂合度在0.0528水平上有一定的负相关关系（r=−0.62619）。从多态位点百分率看，虽有7个群体间的一致，沁源群体仍与它们有较大差距，但一般认为杂合度更能代表群体遗传多样性状况（Nei，1978）。

表5　4个位点的F统计值

Locus	F（IS）	F（IT）	F（ST）
GOT-1	0.096	0.102	0.007
GOT-2	0.115	0.129	0.015
LAP-1	0.357	0.365	0.013
LAP-2	0.217	0.225	0.011
平均	0.178	0.187	0.011

表6　遗传多样性参数与地理位置和气候因子相关分析

多样性参数	东经	北纬	海拔	年均温	1月均温	7月均温	年降水
A	−0.13324	−0.02272	0.30697	0.04599	0.02428	0.04139	−0.22976
	(0.7136)	(0.9503)	(0.3883)	(0.8996)	(0.9506)	(0.9158)	(0.5231)
P	−0.36388	−0.24094	0.29424	0.29079	0.26191	−0.02005	−0.16997
	(0.3013)	(0.5025)	(0.4092)	(0.4150)	(0.4960)	(0.9592)	(0.6387)
Ho	−0.46261	−0.05258	0.63307*	−0.03913	−0.32457	−0.25515	−0.62619#
	(0.1782)	(0.8853)	(0.0494)	(0.9145)	(0.3941)	(0.5076)	(0.0528)
He	−0.36693	−0.10882	0.41907	0.03243	0.00508	−0.23649	−0.46328
	(0.2970)	(0.7648)	(0.2280)	(0.9291)	(0.9896)	(0.5401)	(0.1775)

说明：括号中为相关显著性水平；群体10个

3　讨论与结论

3.1　油松地理群体内两个同工酶系统的遗传变异水平

与瘤果松（*Pinus attenuata* Lemm.）、扭叶松（*Pinus contorta* Dougl. ex Loud.）、火炬松（*Pinus taeda* L.）、美国蓝叶松（*Pinus jeffreyi* A. Murr.）和糖松（*Pinus lambertiana*

Dougl.）5个北美松种天然群体相同酶位点比较（Thompson Conkle，1979），油松居群的平均等位基因数为3.77，略高于5个松种均值3.4，但各居群和居群平均的期望杂合度(0.179)均显著低于5个种均值(0.294)(Hamrick *et al*. 1992)，表现了较低多样性水平。Hamrick认为，种的进化史特性对其遗传变异会造成很大影响（Hamrick *et al*. 1992）。从油松居群的地理分布和自然环境看，它在经度、纬度和海拔上都有较大跨越幅度，区域内气候变化较剧烈，地形地势变化多样（徐化成，1992），为这些位点的基因突变和突变基因的保存提供了较适宜条件，维持了这些位点等位基因的较高水平，但较低杂合度水平则难与它的生境关联，这很可能与油松现存天然林分面积较小和受强烈的人为影响有关（徐化成，1992），油松的优良遗传型常具有较多的杂合位点（李悦和张春晓，1998），而这也正是择伐或盗伐者的攫取对象，成为了降低群体杂合水平的可能因素，在优良资源保护和可持续经营利用中应引起足够重视的问题。

3.2 群体间遗传分化状况

4个位点的等位基因数量与多态位点百分率在群体间有一定程度的差异，群体间的近交程度也有较大差异（0.025～0.366），但因等位基因频率在群体间差异较小，以此为基础估算出的群体间无偏遗传距离很小（D＝0.002），说明研究群体在这4个位点上的分化程度较差。在油松酯酶地理变异研究中，等位基因频率与本研究结果相似，没表现出群体间的分化（徐化成，1992），而在其他树种研究中，则发现等位基因频率与地理因子有一定的关系（Hans H. Hattemer，1994），这可能与油松在这些位点上的进化较缓慢有关，此外，也与研究位点较少有关。

位点多样性参数与多数环境因子没达到统计上的显著相关。但海拔高于1 600m的3个西部群体（靖远、互助和小金）有较高的期望杂合度，降水量也与实际杂合度有一定负相关，显示出逆境条件下油松群体中具较多杂合位点的个体更容易生存趋势，但也可能与人为影响有关。用酯酶对16个油松地理生态型的变异研究认为，西北型的基因多样性丰富，其他生态型酯酶多样性的地理变异与生态条件有正相关，而西北型是个特例。这种杂合度水平在分布区边缘或极端环境条件下的增加趋势在其他树种研究中也有报道（Bakhtiyarova *et al*.，1995）。

3.3 酶位点数目对遗传多样性参数的影响

本研究仅分析和讨论了具体同工酶位点在油松地理居群间和居群内的变异，因同工酶位点只是树木庞大基因组的随机样本，如仅用几个位点来反映居群基因库或个体基因组的遗传多样性，必然与实际情况有较大偏差，若说明居群的多样性状况，则需要较多位点，以缩小估测偏差。对兴城天然林9种酶系统14个位点的分析，得到的参数A为3.57（0.23）、P为85.7、Ho为0.229（0.039）、He为0.337（0.061），除A比4个位点的估算值（3.8）低以外，其他3个参数（P、Ho、He）都大大高于4个位点的均值，反映了位点数对估算结果的差异。

本研究主要结论有：①与5个北美松种的相同位点比较，油松群体内的期望杂合度较低；②研究位点在群体间分化程度较低，存在不同程度的近交；③位点的多样性参数与多数地理和气象因素无显著相关，实际杂合度与海拔有显著正相关，逆境条件下群体杂合度有增加的趋势；④低频等位基因对遗传多样性参数变化有较大影响。

参考文献

张春晓，李悦．1999．油松同工酶位点选择研究．北京林业大学学报，22（1）：7～12

徐化成．1992．油松地理变异和种源选择．北京：中国林业出版社

沈熙环．1981．用同工酶研究欧洲赤松在有性，无性繁殖下的遗传结构．遗传学报，8（3）：275～281

王中仁．1996．植物等位酶分析．北京：科学出版社

李悦，张春晓．1998．油松无性系群体育种值与遗传多样性研究．北京林业大学学报，20（4）：12～18

Adams, W. T. , H. Steven Strauss *et al*. 1992. Population Genetics of Forest Trees. Kluwer Academic Publishers

Write, S. 1965. The interpretation of population structure by F—statistics with special regard to systems of mating. Evolution , 19: 395～420

Nei, M. 1972. Genetic distance between populations. Am. Nat. , 106: 283～292

Nei, M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. Genetics, 89: 583～590

Nei, M. 1975. Molecular Population Genetics and Evolution. North Holland, Amsterdam and New York

Swofford, D. L. and R. B. Selander. 1989. BIOSYS—I: A computer program for the analysis of allelic variation in population genetics and biochemical systematic—User as manual. University of Illinois, Urbana

M. Thompson Conkle. 1979. Isozyme variation and linkage in six conifer species. Proceedings of the Symposium on Isozymes of North American Forest Trees and Forest Insects. July 27, Berkeley, Calif. USA

Hamrick, J. L. , M. J. W. Godt, and Sherman—S. L. Broyles. 1992. Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species. New Forest, 6: 95～124

Hans, H. Hattemer (eds.) . 1994. Conversation and manipulation of genetic resources in forestry. Kwang Moon Kag, Seoul, 285～293

Bakhtiyarova, R. M. , N. V. Starova and Yu. A. Yanbaev. 1995. Genetic changes in populations of scots pine growing under industrial air pollution conditions. Silvae Genet. , 44, (4): 157～160

GENETIC DIVERSITY OF TEN NATURAL AND ARTIFICIAL POPULATIONS OF *PINUS TABULAEFORMIS* IN TWO ISOZYME SYSTEMS

[1]Zhang Chunxiao , [1]Li Yue , [1]Shen Xihuan, [2]Chen Xuemei

([1]College of Forest Resources and Environment,
Beijing Forestry University, Beijing 100083)

([2]Department of Biology, Beijing Forestry
University, Beijing 100083)

Genetic diversity of 10 Chinese pine (*Pinus tabulaeformis* Carr.) populations was examined using 4 isozyme loci. The percentage of polymorphic loci per population ranged from 50% to 100% with a mean of 90. 00%. The number of alleles per locus ranged from 3. 5 to 4. 0, averaged at 3. 77. The observed and expected average heterozygosity was 0. 147 and 0. 179, and the estimate of F was 0. 181. This suggests that some degree of inbreeding existed within populations. There was a

very low degree of differentiation among population, and the estimate of F_{st} was 0.010. Cluster analysis did not reveal geographic pattern of population grouping. The genetic diversity in population and the differentiation among population are discussed.

Key words: *Pinus tabulaeformis* Carr., Geographic population, Isozyme, Genetic diversity

鲮鱼的 RAPD 遗传分析*

张跃　朱新平　郑光明　罗建仁　夏仕玲
（珠江水产研究所，农业部热带亚热带鱼类选育与养殖重点开放实验室，广州 510380）

摘要　通过血液提取鲮鱼（*Cirrhina molitorella*）基因组 DNA，对珠江流域不同居群的 58 个鲮鱼进行了 RAPD 遗传分析。利用 23 个 10mer-寡聚核苷酸引物扩增样品，共检测了 98 个位点，多态位点为 35 个，多态位点百分率为 35.7%。单一引物检测的位点数为 1-9。野生居群的多态性较池养居群多，野生居群中以北江多态性最少，遗传变异水平与地理位置有一定的相关性，点突变与遗传漂变造成了居群内与居群间的分化。采用相似系数来度量居群间及其内部个体的相互亲缘远近，发现野生的北江居群内相似率最大，但都比池养居群小；居群内和居群间遗传距离以北江，北江—珠江所最小，分别为 0.063，0.161；同时利用分化指数来度量遗传多样性水平，以东江和西江遗传差异较大，而北江和池养较小。

关键词　鲮鱼　RAPD　遗传多样性　分化指数

鲮鱼（*Cirrhina molitorella*）是我国南方主要池养鱼之一，其产量约占两广地区池塘鱼总产量的 40%左右，具有产量高、抗病力强、肉质优美等特点，也是我国淡水鱼加工附加值最高的品种（鲮鱼罐头驰名中外），但其抗寒力差，至今基础性研究偏少（吴力钊等，1993；朱新平等，1997）。RAPD（Random Amplified Polymorphic DNA，随机扩增多态性 DNA）自 1990 年 Williams 等和 Welsh 等分别建立以来，在生物基因组作图、遗传多样性分析、分子进化等方面广泛应用（Williams 等，1991；Demeke 等，1992；兰宏等，1996；Bardadei 等，1993；Postiethwait 等，1994；Dinesh 等，1996；何舜平等，1997）。为了从分子水平上科学地了解鲮鱼的遗传多样性，进行种质鉴定，我们采用了 RAPD 方法对珠江流域各地鲮鱼进行了种内遗传分析，现将结果报道如下。

1　材料和方法

1.1　基因组 DNA 提取

以野生和养殖鲮鱼（*Cirrhina molitorella*）为材料，在珠江流域随机取样，通过血液提取基因组 DNA（Sambrook 等，1989）。DNA 浓度稀释为 10ng/ul，4℃保存备用。

1.2　引物和试剂

OPN、OPM 两组引物购自 Operon 公司，Taq DNA 聚合酶，λDNA/EcoR Ⅰ、λDNA/

---

* 本研究由“九五”国家攻关项目（96—008—01—03—06）资助；由郑光明在第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会专题报告会上宣读。

EcoRI + Hind Ⅲ、PCRMarker 等分别购自上海 Sangon 公司和华美生物工程公司。

1.3 反应条件设置

参照 Williams 提供的 RAPD 反应条件稍作改动。

浓度设置：在 25ul 反应体系中，含 1 倍的扩增缓冲液，3.0mM$MgCl_2$，0.2mM dNTPs，0.2um 随机引物，1.5uTaqDNA 聚合酶，20ng 模板 DNA。

PCR 参数设置：94℃预变性 5min，94℃变性 5s，36℃退火 30s，72℃延伸 50s，共 37 循环，于 72℃下延伸 5min，置于 4℃保存。反应在 PE2400 型 DNA 扩增仪上进行，取 12ul 扩增产物在 1.4%琼脂糖凝胶上电泳和 EB（0.5ug/ml）染色后置于紫外透射检测仪上观察照相记录。

1.4 数据处理

（1）相似系数度量鲮鱼的遗传差异水平

任意两个个体间（居群）的遗传距离（D）根据两个个体（居群）共享 RAPD 标记来计算：

$D = 1-S_{xy}$，$S_{xy}= 2N_{xy}/(N_x+ N_y)$

D 是遗传距离，S_{xy}为第 x 和 y 个体（居群）的相似系数，N_x 和 N_y 分别为第 x 和 y 个体分别拥有的 RAPD 标记数，N_{xy}是 x、y 两个个体（居群）共享 RAPD 标记数，RAPD 标记数以带的有无分别计为 1 和 0，当 $D=0$，$S_{xy}=1$，物种 x 和物种 y 的扩增片断完全相同，二者有高度同一的 DNA 序列，当 D=1，$S_{xy}=0$，时，二者的扩增片断完全不同，具有高度相异的遗传性。

（2）分化指数度量鲮鱼的遗传多样性水平

多态位点百分率可以反映鲮鱼的遗传多样性水平，而分化指数（Diversity Coefficient，D.C）可进一步量化物种居群、亚居群间的多样性水平（Gilmartin，1974）。

$$DC = \frac{\sum_{c=1}^{m}\sum_{f=1}^{m}\sqrt{\frac{1}{n}(x_{ik} - x_{jk})^2}}{m(m-1)}$$

其中 m 为物种或居群、亚居群的个体数，n 为多态位点数，x 代表不同个体。

根据总 DC 值和各居群的 DC 值可计算居群间遗传差异在总遗传差异中所占比例（PDC）。

$$PDC_{xy} = \frac{DC_{xy} - \left(\frac{m_x}{m}DC_x + \frac{m_y}{m}DC_y\right)}{DC_{xy}} \times 100\%$$

其中 m_x 和 m_y 分别为居群 x 和居群 y 的个体数，DC_x 和 DC_y 分别为居群 x 和居群 y 的内部分化指数，DC_{xy}为居群 x 和居群 y 作为一个整体的分化指数，PDC_{xy}则为居群 x 和居群 y 之间的遗传差异在总遗传差异中所占的百分比。同上依据各分子标记的迁移率及其有无统计得到所有位点的二无数据，有无分赋值 1 或 0，形成数值矩阵。用 C 语言编程电脑运算。（由于插入、重复等作用，相同迁移率下存在复合带，“单态带”上序列中非同源带也存在，在此忽略）。

2 结果与分析

2.1 鲮鱼种内 RAPD 分析

(1) 本研究利用 OPM、OPN 中 30 个引物对基因组 DNA 扫描，选取了其中 23 个来进一步分析多样本情况下的居群的遗传变异状况。图 1 显示了引物 OPN-9 对珠江各支流江段及珠江所池养鲮鱼单个个体的扩增效果，扩增的 RAPD 标记或位点为 1-9，四个样本已显示多态性。图 2～图 4 列举了 OPM-9、OPM-20、OPN-14 对不同居群扩增效果。

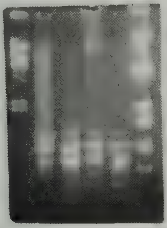


图 1. OPN-9 引物对鲮鱼的扩增结果

图 1 中 M1、M2、WR、ER、NR、PR 分别为：λDNA/EcoRI、λDNA /EcoRI ＋ Hind Ⅲ marker、西江、东江、北江、珠江所鲮鱼样本

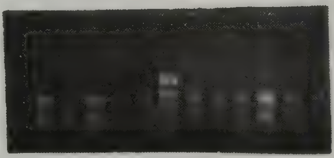


图 2. OPM-9 对西江梧州 12 个不同鲮鱼样本的扩增结果

图 2 中 M、1～12 分别为：PCR marker、西江梧州 12 个鲮鱼样本

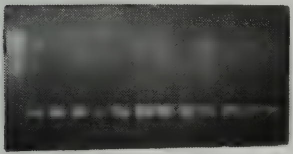


图 3. OPM-20 对东江 12 个不同鲮鱼样本的扩增结果

图 3 中 M、1～12 分别为：λDNA/EcoRI ＋ Hind Ⅲ marker、东江 12 个鲮鱼样本

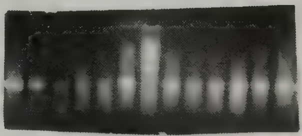


图 4. OPN-14 北江 12 个不同鲮鱼样本的扩增结果

图 4 中 M、1～12 分别为：λDNA/EcoRI ＋ Hind Ⅲ marker、北江 12 个鲮鱼样本

表 1 说明了各居群鲮鱼种内扩增位点的情况，表 2 显示不同引物的扩增情况，表 3 说明了鲮鱼居群内与居群间的平均相似度和遗传距离，从中发现 23 个引物扩增得到 98 个 RAPD 标记即检测了 98 个位点，每个引物平均扩增 4.26 个标记，多态位点为 35 个。相对而言，多态性偏小。养殖居群多态位点数和居群内平均相似度低于野生居群，而野生居群又以北江最少，居群内遗传距离则相反。居群间平均相似度以北江和珠江所居群最大而遗传距离最小。表 4 则显示了鲮鱼 35 个多态位点在各居群间的显性频率。

表1 鲮鱼种内多态位点的比较

来源	居群	亚居群	样本数	引物数	位点总数	多态位点数（百分比）
野生	东江 ER	惠阳段	12	23	98	28 (28.6)
	西江	梧州段	12	23	98	29 (29.6)
		郁南段	11	23	98	27 (27.6)
	北江	清远段	12	23	98	25 (25.5)
养殖	珠江所	珠江所	11	23	98	22 (22.4)
总计	4	5	58	23	98	35 (35.7)

表2 不同序列的引物对鲮鱼扩增位点数（引物序列依 Operon 公司）

序号 No.	引 物	5′ — 3′ 序列	扩增位点数
1	OPN-1	CTCACGTTGG	3
2	OPN-2	ACCAGGGGCA	1~5
3	OPN-3	GGTACTCCCC	3~5
4	OPN-4	GACCGACCCA	2~4
5	OPN-5	ACTGAACGCC	5
6	OPN-6	GAGACGCACG	1~4
7	OPN-7	CAGCCCAGAG	3~4
8	OPN-8	CAATCAGCTC	6~7
9	OPN-9	TGCCGGCTTG	5~9
10	OPN-12	CACAGACACC	1~2
11	OPN-13	AGCGTCACTC	3
12	OPN~14	TCGTGCGGGT	3
13	OPN-16	AAGCGACCTG	3~5
14	OPN-18	GGTGAGGTCA	2~4
15	OPN-19	GTCCGTACTG	2~3
16	OPM-6	CTGGGCAACT	3~4
17	OPM-7	CCGTGACTCA	2
18	OPM-8	TCTGTTCCCC	2~3
19	OPM-10	TCTGGCGCAC	2
20	OPM-12	GGGACGTTGG	3
21	OPM-14	AGGGTCGTTC	2
22	OPM-16	GTAACCAGCC	3~4
23	OPM-20	ACCTCTTGGG	1~5

表 3 鲮鱼居群内与居群间的平均相似度和遗传距离

		平均相似度	遗传距离
居群内	北江清远段	0.927±0.0161	0.063
	西江梧州段	0.895±0.0278	0.105
	西江郁南段	0.904±0.0176	0.096
	东江惠州段	0.875±0.0153	0.125
	珠江所	0.942±0.0172	0.058
居群间	东江—西江	0.816±0.0142	0.184
	东江—北江	0.812±0.0113	0.188
	东江—珠江所	0.821±0.0091	0.179
	北江—珠江所	0.839±0.0095	0.161
	西江—珠江所	0.813±0.0165	0.187

表 4 鲮鱼 35 个多态位点在各居群间的显性频率

位点	引物	位点大小(大约 bps)	显性频率			
			东江(12 尾)	西江(23 尾)	北江(12 尾)	珠江所(11 尾)
1	OPN-2	200	0.500	0.609	0.833	0.818
2	OPN-2	650	0.333	0.217	0.330	0.181
3	OPN-2	1350	0.416	0.435	0.330	0.455
4	OPN-2	1900	0.833	0.866	0.500	0.364
5	OPN-3	300	0.500	0.522	0.250	0.818
6	OPN-3	500	0.750	0.522	0.750	0.181
7	OPN-4	960	0.083	0.087	0.250	0.455
8	OPN-4	1900	0.833	0.826	0.416	0.727
9	OPN-6	1300	0.917	0.826	0.917	0
10	OPN-6	2100	0.167	0.134	0	0.091
11	OPN-7	800	0.500	0.565	0.435	0
12	OPN-8	1200	0.250	0.261	0.174	0.181
13	OPN-9	200	0.583	0.565	0.500	0
14	OPN-9	400	0.250	0.391	0.167	0.091
15	OPN-9	620	0	0	0.167	0
16	OPN-9	830	0.167	0.217	0	0.272
17	OPN-9	1370	0.416	0.348	0.330	0
18	OPN-9	1500	0	0.134	0	0.272
19	OPN-10	1080	0.667	0.696	0.330	0
20	OPN-16	200	0.833	0.870	0.750	0.272
21	OPN-16	550	0.750	0.913	0.410	0.545

(续)

位点	引物	位点大小(大约bps)	显性频率			
			东江(12尾)	西江(23尾)	北江(12尾)	珠江所(11尾)
22	OPN-18	350	0	0	0.609	0.00
23	OPN-18	560	0.167	0.174	0.917	0.909
24	OPN-18	860	0	0	0.304	0.091
25	OPN-19	800	0	0.134	0.083	0
26	OPN-19	1200	0.250	0.522	0.500	0
27	OPN-19	1550	0.667	0.478	0.416	0
28	OPN-19	2100	0.667	0.478	.0330	0
29	OPM-6	1400	0.750	0.739	0.500	0.181
30	OPM-8	2100	0.917	0.913	0.833	0.727
31	OPM-16	1060	0.083	0.043	0	0
32	OPM-20	380	0.167	0	0	0
33	OPM-20	560	0.416	0	0	0
34	OPM-20	1280	0	0.134	0	0
35	OPM-20	1160	0	0.174	0	0

(2) 分化指数对鲮鱼遗传多样性水平的度量

鲮鱼各亚居群的DC值（星号所示数值）和不同亚居群间的PDC值详见表5。

表5 鲮鱼不同亚居群的DC及亚居群间的PDC/%

	东江 ER	西江梧州 Wuzhou，WR	西江郁南 Yulan，WR	北江 NR	珠江所 PRFRI
东江（0.2835*） ER（0.2835*）	0				
西江梧州（0.3047*） Wuzhou，WR（0.3047*）	15.32	0			
西江郁南（0.2679*） Yulan，WR（0.2679*）	15.06	7.43	0		
北江（0.2078*） NR（0.2078*）	14.18	9.74	9.60	0	
珠江所（0.1780*） PRFRI（0.1780*）	12.37	13.25	12.0	7.03	0

由上表可见，野生居群中北江的内部分化最小（0.2078），接近池养居群（0.1780），与其河道单一生境简单有关，或者池养居群多逃逸到其间有关。东江居群与西江居群的遗传差异最大（15.32）甚至超过与池养居群（12.37），成因可能在于江段分割远，互相引种少。北江、珠江所池养PDC最小（7.03），也说明北江段受到池养居群影响大。各居群没有显著的遗传差异，说明各江段之间因天然同一水体或人工引种导致了基因交流，基本上与前面相似系数一致，只是前者体现遗传相似性，后者体现遗传差异性。

3 讨论

(1) 采用鱼血提取基因组DNA和PCR中变性5s（Yu and Pauls，1992），方便快捷，降低Taq酶消耗，且是一种非损伤性取样DNA分析，可保存实验鱼的活力，尤其适合于转基因

鲮鱼、染色体操作鲮鱼、杂交鲮鱼和其他贫危珍稀动物等的分析处理。

(2) 实验显示鲮鱼种内的多态性偏小，为多态位点百分率 35.7%，虾最高在居群中多态百分率达 77% (Garcia 等，1996)，而对照分析中麦鲮也达 39.7% (另文)。而其种内居群的个体相似率情形与罗非鱼应当具有可比性，而罗非鱼种内个体间相似率分别是 0.73±0.15 (尼罗罗非鱼)、0.78±0.12 (莫桑比克罗非鱼) 和 0.87±0.07 (奥利亚罗非鱼)，种群内的相似率比鲮鱼的要低 (Dinesh 等，1996)，这可能由于鲮鱼近年来作为鳜鱼等名贵鱼的饲料鱼，在珠江流域，各地频繁互相引种，各个江段也进行种苗放流，使原始种群受到养殖种群的杂交，遗传渐渗作用而丢失遗传多样性，也造成种群间分化降低。

(3) 随着人类活动加剧和自然灾害的影响，大量生物多样性丢失，其保护日趋重要。鱼类遗传多样性的保护工作相对其他生物又偏少，种群结构调查也有限。我国主要进行了“四大家鱼”的遗传多样性的基础性研究。李思发等 (1990) 测定了黑龙江的鲢鱼、鳙鱼和草鱼的人工种群的 16 个酶位点变异，后又进行了同工酶电泳分析，进一步丰富了其遗传结构研究。余来宁等 (1995) 测定了长江白鲢肝脏脂酶同工酶谱，发现了 9 个类型，并且有不同类型的生长能力差异。但鲮鱼的种群结构，遗传多样性研究未有开展。我们的研究发现鲮鱼的遗传多样性偏少，整个物种对环境适应力将较差。可能除了上述原因 (3.2) 外，还有处于同一水系各居群生境相似、基因交流多，突变与遗传漂变形成的群体间分化被掩盖。像 *Poeciliopsis occidentalis* 中，地方内变异占 21%，地方间占 26%，亚种差异占 53% (Vrijenhoek，1985)。为此，有必要进一步研究各支流生境独特的群体或不同水系中的群体，来寻找更多的原始种，且尽早进行隔离保护，建立鲮鱼基因库，保护鲮鱼遗传资源。

(4) 种间杂交提高鱼类的抗寒性能是可以的，像黑龙江水产研究所培育的荷包红鲤抗寒品系。由于麦鲮抗寒性能优于鲮鱼，人们曾尝试获得其杂交种，利用 RAPD 分析可以积累有关遗传背景数据，从而把鲮鱼的抗性改良与资源保护有机结合起来。

参考文献

吴力钊，王祖熊 . 1993. 鲮鱼和二代混精鲮鱼低温时耐受能力的差异 . 水生生物学报，17 (3)：206～210

朱新平，夏仕玲，张跃等 . 1997. 转抗冻蛋白基因鲮鱼的初步研究 . 中国水产科学，4 (2)：79～80

何舜平，汪亚平，陈宜瑜 . 1997. 五种鲤科鱼类的 RAPD 分类兼论稀有鱼句鲫的系统位置 . 水生生物学报，21 (3)：262～267

兰宏，张文艳，王文等 . 1996. 滇金丝猴的随机扩增多态 DNA 与遗传多样性分析 . 中国科学 (C)，26 (3)：244～249

李思发 . 1990. 长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼种质资源研究 . 上海：上海科学技术出版社

Bardadei，F.，P. O. F. Skibinski. 1993. Application of the RAPD technique in Tilapia fish：Species and subspecies identification. Heredity，73：117～123

Demeke，T. *et al*，1992. Potential taxonomic use of random amplified polymorphic DNA (RAPD)：A case study in *Brassica*. Theor. Appl. Genet.，84：990～984

Dinesh，K. R.，T. M. Lim，W. K. Chan *et al*. 1996. Genetic variation inferred from RAPD fingerprinting in three species of Tilapia. Aquaculture Int.，4 (1)：19～30

Garcia，D. K.，A. K. Dhar，A. Alcivar-warren. 1996. Molecular analysis of a RAPD marker (B20) reveals two microsatellites and different mRNA expression in *Penacus vanname*. Molecular Marine Biology & Biotech-

nology, 5 (1): 71~83

Gilmartin, A. J. 1974. Variation within populations and classification. Taxon, 23 (4): 523~536

Postiethwait, J. H. S., H. Johnson, C. W. Midson *et al.*, 1994. A Genetic linkage map for the zebrafish. Science, 264 (29): 699~703

Vrijenhoek, R. C. *et al.* 1985. Conservation genetics of endangered fish populations in Arizona. Science, 228: 400~402

Williams, J. G. K., M. K. Hanafe, J. A. Rafalski *et al.* 1991. Genetic analysis with RAPD markers. Methods in Enzymology, Recombinant DNA volume: 2~17

Yu, K. and K. P. Pauls. 1992. Optimization of the PCR program for RAPD analysis. Nucl. Acids Res., 20 (10): 2606

THE MUD CARP (*CIRRHINA MOLITORELLA*) GENETIC DIVERSITY ASSESSMENT INFERRED FROM RAPDS

Zhang Yue, Zhu Xinping, Zheng Guangming, Luo Jianren, Xia Shiling

(Pearl River Fisheries Research Institute, Agricultural Ministry Key Laboratory of Tropical and Subtropical Fishes of Breeding and Cultivation, Guangzhou 510380)

The genetic diversity assessment of mud carp (*Cirrhina molitorella*) was inferred from its interspecies RAPDs analysis. Fifty eight mud carp samples were gained from different places of Pearl River branches . 23 10mer— primers detect 98 loci and the polymorphic loci is 35. The polymorphic loci percentage is 35. 7%. The locus number that single primer detected ranges from 1 to 9. The polymorphism of wild population is more than cultured population and is least in the North River. The genetic variation is correlative with the milieu. The mutation and genetic drift cause the difference in interpopulation and intrapopulation. The genetic similarity measures the inter/intra population affinity. The wild interpopulation similarity is less than the culture, In the wild interpopulation the similarity of North River is the biggest. The genetic distance of inter/intra population in North River (NR) and NR—FIBB (Fishery Improved Breed Base) is the smallest, 0. 063, 0. 161 respectively. The diversity coefficient also measures the polymorphism. The genetic differential in East, West River is more than NR, FIBB.

Key words: Mud carp, RAPD, Genetic diversity, Diversity coefficient

物 种 多 样 性

中国鸡形目鸟类研究保护及持续利用探讨

韩联宪　周　伟

（西南林学院资源学院，昆明　650224）

摘要　本文分析了中国鸡形目鸟类的多样性特点，对中国鸡形目鸟类保护、研究及持续利用现状进行了分析评价。提出6点加强中国鸡形目鸟类保护和持续利用的建议。这些建议包括：(1) 进一步加强鸡形目鸟类生态学研究和分布调查，准确、全面收集各个种相关信息，为科学评价其濒危等级提供考量依据；(2) 因地制宜采用灵活多样的方式加强鸡类保护区、保护点、禁猎地的建设和管理；(3) 强化鸡形目鸟类保护重要性的宣传力度，以纠正目前许多群众认为鸟类等小型动物不是保护动物的错误观念；(4) 对中国鸡类区系进行适当改造，将某些分布狭窄，种群数量稀少的种类，迁入适栖地区，扩大其分布区，增加种群数量；(5) 加强人工驯养种类的技术投入，探索半放养、野生状态下补饲、控制敌害等管理技术；(6) 建立全国范围的驯养鸡类信息协作网，加强信息交流、种源交换，提高迁地保护的效率和成果。

关键词　鸡形目鸟类　研究　保护　持续利用

1　引言

鸡形目鸟类有很高的经济价值和多种用途，可供食用、羽用、观赏、狩猎娱乐等。不少种类被人们驯养，培育成新的家禽品种。未被驯养的种类，作为重要的猎禽在世界各地被广泛地利用。鸡形目鸟类同时也是濒危程度很高的动物类群，许多种成为濒危种、易危种或受威胁种，其多样性保护和持续利用引起越来越多的学者关注。中国是鸡形目鸟类最丰富的国家之一，中国鸟类学工作者自20世纪80年代初开始，对中国的鸡形目鸟类的保护和研究做了大量工作，获得世界同行的关注和好评（McGowan，1996）。我们对中国鸡形目鸟类多样性特点和研究利用现状进行分析评价后，提出保护和持续利用的建议，以期能对中国鸡形目鸟类的保护和持续利用有所帮助。

2　中国鸡形目鸟类多样性特点分析

鸡形目鸟类（Galliformes）全世界计有8科276种（Howard and More，1984），中国有2科62种（郑作新，1997），占全世界鸡形目鸟类总种数的22.5%。特有种多是中国鸡类区系的突出特点。主要分布于中国或分布上仅限于中国境内的就有斑尾榛鸡、雉鹑、四川雉鹑、

海南山鹧鸪、台湾山鹧鸪、四川山鹧鸪、红腹角雉、黄腹角雉、绿尾虹雉、白马鸡、藏马鸡、蓝马鸡、褐马鸡、蓝鹇、白冠长尾雉、白颈长尾雉、黑长尾雉、黑长尾雉、红腹锦鸡和白腹锦鸡等19种，占中国鸡类种数的30%。其中的雉鹑属和马鸡属是中国的特有属。此外，由于中国人口众多，对自然开发利用强度大，自然保护管理相对于发达国家起步晚，尚不能对鸡类资源进行科学有效管理，对资源的开发利用还停留在从自然界猎取的低级阶段，因此濒危种或易危种多。62种鸡形目鸟类被中国野生动物保护法列为Ⅰ级、Ⅱ级重点保护的种类竟达38种，占中国鸡类种数的61%；列入《中国濒危动物红皮书·鸟类》的种类有43种；被国际自然和自然资源保护联盟列入濒危、易危和稀有名单的有15种。中国鸡形目鸟类的有关情况详见表1。

表1 中国鸡形目鸟类概况

中文名	拉丁名	IUCN	中国红皮书	保护法	分布地域	研究状况	驯养繁殖
镰翅鸡	*Dendragapus falcipennis*		濒危 E	Ⅱ	黑龙江东北部	0	0
斑尾榛鸡*	*Bonasa sewerzowi*		濒危 E	Ⅰ	青海 甘肃 四川 云南 西藏	++	0
花尾榛鸡	*Bonasa bonasia*			Ⅱ	黑龙江 吉林 辽宁 内蒙古 天津 河北 新疆	++	++
柳雷鸡	*Lagopus lagopus*		未定 I	Ⅱ	黑龙江 新疆	0	0
岩雷鸡	*Lagopus mutus*		未定 I	Ⅱ	新疆北部	0	0
松鸡	*Tetrao urogallus*				新疆北部阿勒泰	+	0
黑嘴松鸡	*Tetrao parvirostris*		易危 V	Ⅰ	黑龙江 内蒙古	+	0
黑琴鸡	*Tetrao tetrix*		易危 V	Ⅱ	新疆 内蒙古 黑龙江 吉林 河北	+	+
雪鹑	*Lerwa lerwa*		稀有 R		西藏 云南 四川 甘肃	0	0
淡腹雪鸡	*Tetraogallus tibetanus*			Ⅱ	新疆 西藏 青海 云南 四川	0	0
阿尔泰雪鸡	*Tetraogallus altaicus*				新疆阿尔泰	0	0
暗腹雪鸡	*Tetraogallus himalayeansis*		稀有 R	Ⅱ	新疆 西藏 青海 甘肃 内蒙古	+	+
雉鹑	*Tetrao phasis obscurus*		稀有 R	Ⅰ	青海 甘肃 四川	+	0
四川雉鹑	*Tetraophasis szechenyii*		易危 V	Ⅰ	青海 四川 西藏 云南	+	0
石鸡	*Alectoris chukar*				新疆 青海 西藏 甘肃 宁夏 北京 天津 河北 陕西 山西 内蒙古 辽宁 江苏 安徽 山东 河南 四川	+	++
大石鸡	*Alectoris magna*				青海 甘肃 宁夏	+	+
高原山鹑	*Perdix hodgsoniae*				青海 西藏 四川 甘肃	0	0
灰山鹑	*Perdix perdix*				新疆北部	0	0
斑翅山鹑	*Perdix dauuricae*				新疆 甘肃 青海 北京 天津 河北 山西 内蒙古 辽宁 吉林 黑龙江 陕西 宁夏	+	+
鹌鹑	*Coturnix coturnix*				北京 天津 河北 山西 内蒙古 辽宁 吉林 黑龙江 上海 江苏 浙江 安徽 福建 江西 台湾 山东 河南 湖北 湖南 广东 广西 海南 四川 贵州 云南 陕西 甘肃 宁夏 青海	0	++

(续)

中文名	拉丁名	IUCN	中国红皮书	保护法	分布地域	研究状况	驯养繁殖
蓝胸鹑	*Coturnix chinesis*				云南 广西 广东 福建 台湾	0	++
灰胸竹鸡*	*Bambusicola thoracica*				江苏 浙江 安徽 福建 江西 河南 湖北 湖南 广东 广西 四川 贵州 云南 陕西 甘肃 台湾	+	++
棕胸竹鸡	*Bambusicola fytchii*				云南 贵州 广西 四川	+	+
红喉山鹧鸪	*Arborophila rufogularis*		稀有 R		云南 西藏	0	0
海南山鹧鸪*	*Arborophila ardens*	濒危 E	濒危 E	I	海南	+	+
白额山鹧鸪*	*Arborophila gingica*		未定 I		浙江 福建 江西 广东 广西	+	+
红胸山鹧鸪	*Arborophila mandellii*		稀有 R		西藏东南	0	0
环颈山鹧鸪	*Arobrophila torqueola*				西藏东南 云南西部	0	0
白颊山鹧鸪	*Arobrophila atrogularis*		稀有 R		云南西南	0	0
台湾山鹧鸪	*Arborophila crudigularis*		未定 I		台湾	0	0
棕胸山鹧鸪	*Arborphila brunneopectus*		稀有 R		云南 贵州 广西	0	0
四川山鹧鸪	*Arborophila rufipectus*	濒危 E	濒危 E	I	四川凉山 云南大关	++	0
绿脚山鹧鸪	*Arborophila chloropus*		稀有 R		云南西双版纳	0	0
鹧鸪	*Francolinus pintadeanus*				浙江 安徽 福建 江西 广东 广西 海南 四川 贵州 云南	0	+
血雉*	*Ithaginis cruentus*		易危	I	甘肃 青海 四川 陕西 西藏 云南	++	0
勺鸡	*Pucrasia macrolopha*			I	四川 云南 贵州 西藏 河南 陕西 甘肃 天津 河北 北京 山西 辽宁 宁夏 安徽 湖北 浙江 福建 江西 广东 广西	+	+
黄腹角雉*	*Tragopan caboti*	濒危 E	濒危 E	I	浙江 福建 江西 广东 湖南 广西	+++	+
黑头角雉*	*Tragopan melanocephalus*	濒危 E	未定 I	I	西藏狮泉河、革吉	0	0
灰腹角雉*	*Tragopan blythii*	稀有 R	稀有 R	I	西藏东南 云南西北	0	0
红腹角雉*	*Trangopan temminckii*		易危 V	I	西藏 云南 四川 贵州 陕西 湖南 湖北 广西 甘肃	++	+
红胸角雉	*Tragopan satyra*		稀有 R	I	西藏南部 云南西北	0	0
棕尾虹雉	*Lophophiorus impeyanus*		稀有 R	I	西藏南部	0	0
白尾稍虹雉*	*Lophophorus sclateri*	稀有 R	稀有 R	I	西藏东南 云南西部	+	0
绿尾虹雉*	*Lophophorus lhuysii*	濒危 E	濒危 E	I	青海 甘肃 四川 西藏	++	+
原鸡	*Gallus gallus*		易危 V	I	云南 广西 广东 海南	++	+
白鹇	*Lophura nycthemera*			I	四川 贵州 云南 广西 广东 湖南 湖北 海南 浙江 安徽 福建 江西	+++	+++

（续）

中文名	拉丁名	IUCN	中国红皮书	保护法	分布地域	研究状况	驯养繁殖
黑鹇	*Lophura leucomelana*		稀有 R	Ⅱ	西藏东南 云南西部	0	0
皇鹇*	*Lophura imperialis*			Ⅰ	云南?	0	0
蓝鹇	*Lophura swinhoii*	易危 V	未定 I		台湾	++	+
白马鸡*	*Crossoptilon crossoptilon*	易危 V	易危 V		青海 云南 四川 西藏	+	+
藏马鸡*	*Crossoptilon harmani*		稀有 R	Ⅱ	西藏	0	0
蓝马鸡	*Crossoptilon auritum*	易危 V		Ⅱ	青海 甘肃 宁夏 内蒙 四川	++	++
褐马鸡*	*Crossoptilon mantchuricum*	濒危 E	濒危 E	Ⅰ	山西 河北 北京	+++	++
黑颈长尾雉	*Syrmaticus humiae*	稀有 R	稀有 R	Ⅰ	云南 广西	++	++
白颈长尾雉*	*Syrmaticus ellioti*	濒危 E	易危 V	Ⅰ	浙江 安徽 福建 江西 贵州 湖南	++	++
黑长尾雉*	*Syrmaticus mikado*	易危 V	未定 I	Ⅰ	台湾	++	++
白冠长尾雉*	*Syrmaticus reevesii*	稀有 R	濒危 E	Ⅱ	河北 河南 安徽 湖南 湖北 四川 贵州 云南 陕西 甘肃	+	+
雉鸡	*Phasianus colchicus*				全中国	+++	+++
红腹锦鸡*	*Chrysolophus pictus*		易危 V	Ⅱ	河南 湖北 广西 陕西 四川 湖南 贵州 云南 西藏 甘肃 青海 宁夏	+++	+++
白腹锦鸡*	*Chrysolophus amherstiae*		易危 V	Ⅱ	云南 贵州 西藏 四川 广西	++	+
灰孔雀雉	*Polyplectron bicalcaratum*		稀有 R	Ⅰ	云南 海南 西藏	+	+
绿孔雀	*Pavo muticus*		濒危 E	Ⅰ	西藏东南 云南	+	+

注：

*　自然分布仅限于中国或主要分布于中国，邻国仅有小区域分布，通常认为是中国特有种。

Ⅰ、Ⅱ　中国野生动物保护法列为一级和二级的重点保护种类。

0　在国内没有研究、无驯养繁殖。

+　国内有少量的研究和笼养个体。

++　国内有一定的研究和笼养个体。

+++　国内有较多的研究和笼养个体。

2　中国鸡形目鸟类研究、保护和持续利用现状

2.1　研究现状

中国的野生鸡类专题研究在中华人民共和国成立后至今，陆续发表了近600篇论文。80年代初，在著名鸟类学家郑作新的倡导和组织下，由卢汰春主持，邀请郑光美、许维枢、李桂桓、诸葛阳、王香亭、李福来等人对中国11种鸡形目鸟类进行了数年的考察和研究，获得重大进展，收集到许多宝贵的科学资料，并由此推动了中国鸡形目鸟类研究热潮。随后中国鸟类工作者对鸡形目鸟类的研究持续不衰，研究范围涉及地理分布、生境选择和利用，取食行为，社群行为，繁殖行为和空间行为，种群数量，驯养繁殖、再引入释放等诸多内容。在研究中还采用了新技术新方法，开展染色体组型、蛋白电泳、蛋壳超微结构、无线电遥测，声谱分析等方面的研究。90年代始，中国鸟类学工作者编著出版了《中国珍稀濒危野生鸡类》、

《中国雉类——褐马鸡》、《中国雉类——白腹锦鸡》、《The Gamebirds of China-their distribution and status》等鸡形目鸟类专著。1989 年 10 月在北京召开了第 4 届国际雉类学术讨论会，1996 年 8 月在甘肃省庆阳召开首届中国雉类国际学术研讨会。1998 年 8 月在南非德班市召开的第 22 届世界鸟类学大会，中国代表提交的 9 篇论文有 6 篇是鸡类研究，其中两篇在专题会上作了交流。在其他的学术讨论上中国鸟类学工作者也有很多鸡类研究的论文进行交流。张正旺曾在《中国鸟类研究简讯》7 卷 2 期上撰文提出“我国的鸟类学研究工作取得了举世公认的成果，在雉类、鹤类的研究上已达世界先进水平。”值得注意的是当前国家对基础研究投入不断减少，鸟类研究人员持续减少，人才流失，队伍老化，若不改变这种现状，中国的鸡类研究将会逐渐落伍。

2.2 保护现状

中国自 50 年代中期开始建立自然保护区，经过几十年的努力，目前已建立各类自然保护区 800 多个，这些保护区在保护包括鸡类在内的动物栖息地及其生态系统起到积极的作用。1989 年分布的中国野生动物保护法，将 32 种鸡形目鸟类列入国家法律保护。保护区的建设和相关法律的颁布，以及前述的研究工作极大地推动了中国鸡类保护。但鸡类保护在中国仍面临严峻挑战，最主要的问题是栖息地丧失和任意猎捕。中国近几十年来因人口迅速增加，对自然资源的需求导致大量砍伐森林或将森林开垦成农地，致使许多野生鸡形目鸟类栖息地大量丧失，成为野生动物保护的严重问题。而任意猎杀鸡形目鸟类，又使得这种情形雪上加霜。未列入保护动物名单的鸡类经常被猎杀，没有休猎期或禁猎期的管理和控制。列入保护种类的鸡类，违法偷猎也相当严重。与大型动物不同，偷猎鸡类通常比较隐蔽，不易破案查处。笔者在云南省一些保护区工作时经常发现偷猎鸡类留下的羽毛，但这类案件极少破获，犯罪分子没有受到法律制裁。久而久之，在当地群众中形成错误观点，认为大象、黑熊、水鹿等大型动物才受国家法律保护，而鸡类则不是保护动物，可以猎捕。这种错误观点对鸡类的保护极为不利（韩联宪，1996）。

2.3 持续利用现状

中国对鸡类的利用长期处于从自然界获取的低级阶段。改革开放后，对野生鸡类的研究和利用有了很大的进步。但学者对鸡类研究注重收集科学资料和保护，对开发利用研究较少。虽然有关部门在一些地方建立了濒危动物繁育中心，部分科研院所结合自己的科研课题也作一些雉类驯养繁殖的研究，尝试驯养开发鸡类资源，但仅有少数种类形成小规模商品能力。随着人们生活水平提高，对野生鸡类观赏、娱乐、食用需求不断增加，一些动物养殖场应运而生。据不完全统计，国内一度曾有 2 000 多家野生动物养殖场，其中不乏养殖雉鸡、孔雀、白鹇的养殖场，作为经济特禽驯养的种类基本是从国外引入，其养殖模式未摆脱家鸡的饲养方法。在刚开始时，一些养殖场效益还不错，但随着人们对这类产品的新鲜感消失，人工驯养鸡类的高价格就无法与家禽竞争。加上技术、管理等方面因素，效益不稳定，能形成有规模有效益的稳定养殖场并不多。为满足人们的休闲娱乐需要，一些地方还开办了狩猎场，提供猎取鸡类和其他野生动物休闲活动。各地动物园对展出鸡类的收集也越来越重视，但其主要来源仍靠野外捕获，自繁自养或动物园间的交换鸡类的种类和数量不多。导致对野生鸡类资源需求的增长。中国还有一些分布广泛，数量尚多的鸡类，如雉鸡、灰胸竹鸡、鹧鸪、石鸡等，这些鸟类作为猎禽每年能产生可观的经济效益。但对这类资源的利用还停留在从自然猎取的原始阶段。没有猎获量控制，禁猎期管理等措施，更谈不上采取野外补充食料、改善栖

息地质量、增加种群数量、提高单位面积的猎获量科学管理措施。

3 保护及持续利用策略探讨

3.1 继续加强鸡形目鸟类生态学与分布的调查

准确、全面收集每个种的分布地点、繁殖习性、生境需求、相对种群密度，是科学评价物种濒危等级的重要依据。鸟类学工作者通过几十年的辛勤工作和积累，基本掌握了中国鸡形目鸟类的分布状况。但因中国幅员辽阔，从事鸟类学调查研究的人员不多，调查覆盖的地区有限，现有资料仍觉不够详尽全面。80年代先后在湘西、黔东北发现白颈长尾雉分布、在广西、江西发现黄腹角雉、在河北和北京发现褐马鸡、在四川、云南找到四川山鹧鸪的新分布点、在云南发现灰孔雀雉的新分布地，均表明鸡类的地理分布调查还有很多工作要做。中国虽然对野生鸡类定出保护级别，然而很多种的分布区域、对生境的适应幅度、繁殖特征、种群数量仍不清楚，有些种类的研究资料距今已有40年，没有新资料补充，这必然影响物种濒危级别的准确认定。因此，继续加强鸡形目鸟类生态学的研究与地理分布的调查仍然是十分必要的。

3.2 搞好鸡形目保护区、保护点、禁猎地建设和管理

建立一系列的自然保护区是保护鸡类的有效方式，但目前保护区的静态管理模式有必要改进。应考虑在部分保护区实行目标管理，根据保护区保护的鸡类种类和环境容纳量，采取在冬季投喂饲料，增加适栖生境，栽种鸡类喜食植物，控制天敌等管理措施，增加鸡类的数量，超出环境容量的个体可以利用。因地制宜，采用灵活多样的方式加强鸡形目鸟类保护小区、保护点、禁猎地建设和管理也是保护的重要方式。中国由于人口多，注重发展经济等因素，鸡类的栖息地不断丧失或遭到破坏，许多种类的栖息地已破碎化。在破碎化地区建立大面积的自然保护区比较困难，保护同经济发展的冲突明显。可根据具体情况建立专类的保护小区、保护点和禁猎地，实施对野生种类的保护，可能更好操作、更有效。

3.3 加大对鸡形目鸟类保护重要性的宣传力度

近年来，社会和媒体对野生动物的保护宣传力度不断加大，越来越多的人有了保护环境和野生动物的意识。执法机构依法惩处了一些盗猎国家保护动物的大案、要案。由于这些出现在电视、报纸上的案件报道几乎都与盗猎大型动物有关，因此相当多的人认为只有大象、老虎、黑熊、水鹿、野牛等大动物受国家法律保护，鸡类和其他一些小动物不是保护动物。这种观点对鸡类的保护极为不利。加强宣传，让公众知道，鸡类和其他小动物中许多种类同样受法律保护，其重要性和大象、老虎不相上下，是非常重要的。

3.4 对鸡类区系进行适度改造

西方博学家在近两世纪内，曾多次将中国的特有雉种腹锦鸡、白腹锦鸡、白冠长尾雉及一些亚洲广布种雉鸡、石鸡、暗腹雪鸡引入欧、美进行驯养和风土驯化，以增加本国狩猎鸟类的种类和数量。其中雉鸡于本世纪初引入美国后，现已成为美国头号狩猎鸟类，带给美国可观的狩猎收入。红腹锦鸡在英国还有自然化的种群。法国狩猎局对中国特有的白冠长尾雉一直在探讨它在法国的风土化。我国拥有众多的鸡类，但无人尝试对其他区系进行适度的改造。对一些分布区狭窄，种群数量稀少的种类，可考虑将其中部分个体迁至新的适栖地区，以扩大其分布范围，增加数量。如四川山鹧鸪，海南山鹧鸪，其自然分布范围相对狭窄，但按

它的生活环境和生态习性分析，应有更大的生态适应幅度，可考虑将它们引入尚无该种分布的自然保护区内的适栖地区。对一些经济价值和观赏价值高的种类，也可考虑引入适栖地区，扩大其分布和种群数量。当然，鸟类区系改造需要进行认真的分析，引入种类，释放地点，要做详尽的研究。

3.5 加大雉类人工驯养利用的力度和深度

同中国鸡类科学研究相比，驯养繁殖开发利用的研究大为滞后。中国自行驯养开发的鸡类种类不多，而从国外引入的种类不少。现在各地普遍饲养的美国七彩山鸡、美国鹧鸪、鹌鹑、珍珠鸡、蓝孔雀等均是由国外引入。近些年由中国鸟类学家进行驯养研究的种类有花尾榛鸡、红腹锦鸡、白腹锦鸡、白鹇、黄腹角雉、褐马鸡、海南山鹧鸪、蓝胸鹑、斑翅山醇等十几种。但能形成小规模商品的种类却不多，仅有红腹锦鸡、白鹇、蓝胸鹑等少数种类。笔者分析原因有二：其一开发力度不够，通常是小规模地作些驯养实验，收集相关的科学数据，并没有进一步开发利用的明确目标；其二开发利用定位不准，驯养种类多定位于作野味吃。许多种类因本身的生物学特性和驯养时间短，繁殖率和生长速度远远赶不上家禽，加上需要大型笼舍饲养，饲养成本和生长周期远超过家禽，无力与家禽竞争。笔者认为，鸡形目鸟类驯养开发，应该定位于观赏和狩猎娱乐。当前，旅游休闲越来越多地为人们重视，动物园、旅游度假区鸟园不断增加，这些单位对颇具观赏价值的鸡类需求会有增长。一些度假区开办的狩猎场，应是人工驯养雉类的主要消费点。若做到收费合理，提供制作猎物标本服务等，会有一定的市场。欧洲许多国家驯养雉鸡多采用此类方式，值得我们学习借鉴。若要将鸡形目鸟类作为野味利用，则应跳出将其关在笼舍内、投喂配合饲料的家禽养殖模式。而着重研究早期人工孵化育雏，脱温后在山林旷野释放，自由放养的技术。而对自然界的非保护种类的鸡类，则因探索其在野生状态下的补饲，控制敌害，增加种群数量、猎捕方法等管理技术。

为促进可持续利用，建议林业主管部门对驯养繁殖的半野生鸡类收取政策规定的管理费用时应有优惠政策。据笔者所知，华南濒危动物研究所驯养的灰孔雀雉，因系国家一级重点保护动物，每只若出售，林业主管部门要收取 2 000 元资源补偿费，加上饲养成本，每只售价高达 3 000 余元，售价 2/3 为管理费用。问津者寥寥，缺少市场，驯养者也没兴趣扩大饲养规模，开发利用无从谈起。

3.6 建立中国鸡形目鸟类驯养繁殖信息交流协作网

鸡形目鸟类因其有很大的观赏价值和经济价值，加上在笼养条件下相对容易饲养繁殖，作为重要的观赏鸟类，许多动物园以及旅游度假区的鸟园和野生动物养殖场对鸡类的收集和饲养展出很关注。据不完全统计中国动物园饲养过的中国鸡类有 20 多种，均有在动物园里繁殖的记录（李福来，1991）。中国近十几年来，因保护和开发利用的需要，陆续建立了一些珍稀濒危动物繁育中心。如河南省张掖蓝马鸡繁育中心，北京大兴濒危动物繁育中心，一些保护区也开展鸡类的驯养研究。比较系统地研究过人工饲养繁殖的种类有白腹锦鸡、红腹锦鸡，褐马鸡、蓝马允许、白鹇、海南山鹧鸪、花尾榛鸡等种类，一些种类如暗腹雪鸡、白马鸡、斑翅山鹑也在一些地区和单位被驯养。然而，仅有少数种类每年有较多的个体繁殖，如白鹇、蓝胸鹑、红腹锦鸡、褐马鸡，其他种类的鸡类仍主要依据野外捕获来满足展出需要。鸡类繁殖育雏在野生动物饲养中相对不难，关键是饲养单位没有树立良好的保育观念，仅以展示为主要目的，因此很多动物园或鸟园一种鸡类只养几只，近亲繁殖普遍，形不成有繁殖活力的种群，加之对鸡类繁殖投入的技术不够，繁殖成绩自然不理想。若能将各地动物园、野生动物

园、鸟类、珍稀动物繁育中心等单位组织起来，建立中国驯养鸡类信息交流协作网络，进行饲养、繁殖经验交流、种鸟交换、借用，根据各自的地域特色确定繁殖的重点种类。协作网络由有名望和实力的动物园牵头，将各饲养单位的鸡类种类、只数、谱系登记，定期发布通报或出版通讯，促进驯养鸡类的信息交流，经验共享。以提高迁地保护的效率和成本。

参考文献

韩联宪．1996．云南高黎贡山鸟类多样性分布及保护．中国鸟类学研究，北京：中国林业出版社，40～49

李福来．1991．动物园在保护濒危鸟类中的作用．中国鸟类研究．北京：科学出版社，150～151

卢汰春主编．1991．中国珍稀濒危野生鸡类．福州：福建科学技术出版社，1～463

郑作新．1994．中国鸟类种和亚种名录大全．北京：科学出版社，25～34

Howard，R. and A. More．1984．A Complete Checklist of the Birds of the World．London：MacMillan，1～732

Li Xiangtao．1996．The Gamebirds of China：Their Distribution and Status．Beijing：International Academic Publishers，1～179

Philip，J. K. McGowan and Peter，J. Garson（compiled）．1995．Status Survey and Conservation Action Plan 1995～1999 Pheasants．IUCN：Gland，Switzerland，1～115

McGowan．P．1996．International communication and the conservation of Chinese Galliformes Acta．Zoogica Sinica，42（suppl.）：144～146

THE RESEARCH AND CONSERVATION ON CHINESE GALLIFORMES AND SUSTAINABLE STRATEGIES

Han Lianxian，*Zhou Wei*

（Resource College，Southwest Forestry College，Kunming 650224）

The paper analyzed characteristics of the biodiversity of Chinese Galliformes and made some comments on conservation，research and sustainable use of gamebirds in China．Based on the analysis，we made the following suggestions on conservation，research and sustainable strategies of Chinese gamebirds：（1）To strengthen the research on the distribution and ecology of gamebirds．（2）Using various methods to construct and manage nature reserves and preserve sites effectively．（3）Seriously to enforce wildlife protection laws and propagate wildlife conservation．（4）To conduct *ex—situ* conservation for some species that are narrowly distributed．（5）To promote galliformes in captive breeding in zoos and farms．（6）To establish China's network galliformes in captive to exchange information，experiences on birds，and to enhance gamebirds *ex situ* conservation efficiency．

Key words：Gamebirds，Conservation，Sustainable use

若尔盖高原湿地生物多样性现状及其保护对策*

何池全　赵魁义　赵志春

（中国科学院长春地理研究所湿地环境开放实验室，长春 130021）

摘要　若尔盖高原沼泽湿地是青藏高原湿地的典型代表，这里分布着国家一级保护动物 9 种，国家二级保护动物 41 种，饲用植物 1 208 种，隶属 131 科 573 属，其中湿地植物约 200 种，脊椎动物 251 种，隶属 29 目 65 科，许多种类具有重要的经济意义和科学研究价值。但近几年来，人类活动的频繁干扰，如泥炭开采、过度放牧而破坏植被，再加上本区气候因素的特殊性，局部地区已引起沙化，使本区的生物多样性减少。因此本区生物多样性保护工作亟待加强：（1）协调人类活动与生物多样性保护的关系；（2）严控载畜量，发展人工草场；（3）发挥本地优势，利用泥炭治沙；（4）建立湿地自然保护区；（5）加强湿地立法。

关键词　若尔盖高原　生物多样性　湿地保护　泥炭治沙　对策

1　区域自然概况及其成因分析

若尔盖高原位于青藏高原西北隅，西临巴颜喀拉山，东抵岷山，北起西倾山，南至邛崃山，是一块四面环山完整的丘状高原。本区地质构造为稳定的若尔盖地块，第三纪被夷平，形成准平原。第三纪喜马拉雅运动使地壳隆起，准平原遗迹位于海拔 3 600～3 800m，周围山地达到海拔 4 000m 以上。若尔盖高原是第四纪强烈隆起中一个相对沉降区。区域地貌类型主要为低山、丘陵、河谷与阶地，地貌特征表现为低山丘陵，丘顶浑圆、丘坡平缓，谷地平坦开阔，阶地面起伏小，闭流、伏流与古冰蚀谷地宽阔，各类湖泊、碟型洼地星罗棋布，为湿地发育提供了十分有利的空间条件（孙广友等，1987）。若尔盖高原气候属大陆性高原气候，四季不分，长冬无夏，气候寒冷湿润，降水多、湿度大、霜冻期极长。年平均气温 0.6～1.2℃，1 月气温－10.7℃，七月气温 10.9℃，年平均降水量约为 660～750mm，5 月至 10 月为雨季，降水量占全年 90%，本区气候对湿地形成、发育起促进作用，为湿地发育的主要因素。湿地中潜水距地面多小于 1m，闭流或伏流宽谷地表大面积积水，潜水多呈带状或泉源溢出，直接或间接补给湿地。水化学类型多为高碳酸钙型水，矿化度 0.1～0.38g/L。本区植被以高山草甸、沼泽植被为主。草甸植被分布于山原及丘陵地带坡地、阶地和宽谷，植被以莎草科、禾本科

* 致谢：中国科学院“湖沼二期”特别支持项目（B09002—1）、中国科学院“九五”重大 B 项目（KZ951—B1—201）及中国科学院长春地理研究所湿地环境开放实验室资助，本文承蒙中国科学院湿地研究中心余国营研究员审阅并指正，特此致谢。

草本植物为主，有羊茅（*Festuca ovina*）、四川嵩草（*Kobresia setchuanensis*）、垂穗披碱草（*Elymus nutans* ）等。沼泽植被集中分布于黑河、白河中下游、牛轭湖、山前洼地及丘间和山间伏流宽谷等水分过多、排水不畅的地带，植被以木里苔草（*Carex muliensis*）、藏嵩草（*Kobresia tibetica*）等为主。此外，在山地阴坡、沟谷两侧分布有灌丛植被，环绕丘状高原的山原地带多为森林植被，草本植物较少（赵佐成等，1987）。本区广泛发育了高原草甸土、高原沼泽土、高原泥炭土，集中分布于黑河流域中下游宽谷和湖滨洼地，地面常年积水或为季节性积水和临时性积水，泥炭层较厚，一般为3m，最厚达10m，泥炭分解度低，有机质含量大于50%。土壤呈中性或微碱性反应，pH值一般为7.0～8.0，潜育层深厚，成土母质多为质地均匀的粉沙和亚粘土。除此而外，本区还发育有高原褐土、生草冲积土等类型土壤（柴岫等，1965），对湿地发育有利，所以本区发育大面积湿地，成为我国独特青藏高原湿地的一部分。本区辽阔的草原、丰茂的水草，是全国少有的天然优质牧场之一，为发展农牧业，特别是畜牧经济创造了极为有利的条件。区内交通条件较差，目前没有铁路，也不具备开发空运条件，河流虽多，但水浅、弯道又多，封冻期长，不能航运，因此，公路运输仍为主要运输方式，是本区经济的命脉；但由于地处高原，川西北又多滑坡，泥石流灾害频发，公路质量较差。解放后交通条件虽已大大改善，区内已通公路里程近3 000km，但是，交通不便仍然是限制本区经济发展的重要因素之一。

2 本区湿地生物多样性主要价值

2.1 分布具有世界意义的特有物种和高度濒危稀有物种

黑颈鹤（*Grus nigricollis*）是青藏高原特有的鹤类，属世界濒危珍禽，是我国一级保护鸟类。据1990～1991年统计，全世界共有4 024只，在我国青藏高原发现3 041只。1991～1992年，全世界共发现5 554只，而在青藏高原为3 910只，占总数的70%以上。黑颈鹤夏季（4月～10月中）在若尔盖、青海、西藏栖息繁殖，冬季于拉萨河、年楚河、云贵高原（拿帕海、草海）等地越冬（吴志康等，1985）。若尔盖是黑颈鹤最重要的繁殖栖息地之一，在若尔盖多达710只，它主要在沼泽湿地中繁殖，冬季到贵州草海越冬。本区国家一级保护的野生动物还有白鹳（*Ciconia ciconia*）、黑鹳（*Ciconia nigra*）、玉带海雕（*Haliaetus leucoryphus*）等9种，占四川省分布的国家一级保护动物的27.3%。国家二级保护动物有水獭（*Lutra lutra*）、藏原羚（*Procapra picticaudata*）等41种，占四川省分布的国家二级保护动物的36%。本区还有多种特有植物和濒危稀有植物（赵魁义，1995），渐危种有扁茎眼子菜（*Potamogeton filiformis* var. *applanatus*）、异叶眼子菜（*P. heterophyllus*）、禾叶眼子菜（*P. gramineus*）、龙须眼子菜（*P. pectinatus*）、杉叶藻（*Hippuris vulgaris*）、异枝狸藻（*Utricularia intermedia*）、小狸藻（*U. minor*）、睡菜（*Menyanthes trifoliata*）、水问荆（*Equisetum fluviatile*）、小叶眼子菜（*P. vaseyi*）、菹草（*P. crispus*）等；稀有种有高山水韭（*Isoetes hypsophila*）、刚毛荸荠（*Eleochalis valleculosa* ）、楔叶蓼（*Polygonum sieboldi*）、沼生水马齿（*Callitriche hermaphroditica* ）等；若尔盖特有种有花葶驴蹄草（*Caltha scaposa*）、西藏嵩草、木里苔草和华扁穗草（*Blysmus sinocompressus*）。

2.2 具有重要经济意义的物种丰富

据初步统计，本区草场具有饲用植物1 208种，隶属131科573属，其中湿地植物约200

种，占草场植物总数的 20%，草场质量好，产草量高，是我国著名的五大牧区之一。本区药用植物极为丰富，约有 100 余种，主要有川贝母（*Fritillaria roylei*）、羌活（*Notoplerygium incisium*）、独活（*Radix angeliceae*）、黄芪（*Astragalus memberanaceus*）、黄莲（*Coptis chinensis*）等野生名贵药材，年产量在 30～100 万 kg 之间。本区野生动物资源亦很丰富，仅据若尔盖县调查资料统计，全县有脊椎动物 29 目 65 科 251 种，其中鱼纲 2 目 4 科 19 种，占总数的 7.6%；两栖纲 2 目 3 科 4 种，占 1.6%；爬行纲 2 目 3 科 4 种，占 1.6%；鸟纲 15 目 34 科 162 种，占 64.5%；哺乳纲 8 目 21 科 62 种，占 24.7%。

2.3 具有科学研究价值的物种多

具有科学研究价值的野生脊椎动物 78 种，其中鸟纲有 65 种，常见的有灰雁（*Anser anser*）、赤麻鸭（*Tadorna ferruginea*）、寒鸦（*Corvus monedula*）、白眼潜鸭（*Aythya nyroca*）、绿头鸭（*Anser platyrhynchos*）、角百灵（*Ercmophila alpestris*）等（柯是洛夫，1953）；爬行纲 3 种，主要有高原蝮、荣锴烙铁头等；两栖纲 3 种，主要有岷山蟾蜍（*Bufo minshanicus*）、倭蛙（*Nanorana pleskei*）等；哺乳纲 7 种，有喜马拉雅旱獭（*Tarabagan sibirica*）、黄鼬（*Mustela sibirica*）等。具有科学研究价值的野生高等植物很多，本区药用植物达 1000 多种，川贝母、大黄（*Rheum officinale*）、冬虫夏草（*Cordyceps sinensis*）等都是著名中草药，具有极高的药用价值亟待研究、保护、发展，以便永续利用。西藏嵩草是本区湿地代表植物，为具有世界意义的沼泽植物，当地牧民称其为“救命草”。由于其草层较高，返青早，被用作早春牧场，填补了冬春缺草季节的牧草供应，因此应加强西藏嵩草的生态学和生物学研究，提高产草量，使其在本区牧业生产中发挥更大的作用。

3 制约湿地生物多样性保护的因素

3.1 人为活动对湿地生物多样性保护的影响

若尔盖高原湿地是我国原始生境保存较好的一片湿地，近年来，由于本区人口数量剧增，对资源需求量增多，盲目地开发利用湿地，以破坏湿地资源为代价而过快地发展畜牧业，过度放牧日趋严重。牲畜啃食速度超过了牧草植物生长速度，湿地初级生产量几乎全部被牲畜消耗，使很多湿地植物不能有规律完成其萌发、生长、开花、结实、死亡的生活史，造成湿地植物多样性丧失，破坏了湿地生态系统的良性循环，导致其具有的生态功能也随之丧失。作为野生动物的栖息与繁殖地的湿地生境，生态环境恶化、生态系统结构破坏，也势必不利于赖以生存的湿地动物的保护，如此恶性循环，湿地生物多样性面临严重的威胁（柯是洛夫，1953），随着畜牧业、工业等生产技术的提高，人类生活水平的改善、交通条件的改善，人类活动的范围、游牧区域日益扩大，昔日人迹罕至的若尔盖高原湿地几乎找不到一块处女地。除放牧外，农药喷洒、毒药灭虫、灭鼠的同时也污染了环境；外来人猎杀野生动物、捡蛋食蛋，滥捕河流湖泊鱼类，直接造成黑颈鹤等珍稀动物数量减少，鱼类资源质量下降。

3.2 气候因素的制约

位于川西高原的若尔盖湿地是随青藏高原的隆起抬升而形成的。在青藏高原抬升至一定高度后出现的西南季风，由于川西高原达相当高度后，受地形的限制不能再往此深入。西南季风是川西高原的主要雨泽之源，现在的降水量比地势抬升之前有所减少，气候出现变冷转干的趋势。如果地势继续抬升，这种变化趋势将会持续下去，若尔盖高原湿地气候条件已不

如过去有利，这是导致湿地生态系统脆弱的重要原因，也是引起湿地生态环境和物种发生变化的重要原因。因此，原来不占优势的木里苔草——乌拉苔草湿地如今明显增多，使演替系列、演替方向发生巨大变化，即沼泽湿地逆行演替过程开始进行，而且演替速度很快。此类演替过程对湿地生物多样性及可持续发展已构成巨大威胁，遏止这类演替过程已是该区生物多样性保护工作的当务之急。

3.3 泥炭开采与生物多样性保护的矛盾

若尔盖高原湿地中蕴藏着丰富的泥炭资源，已经引起国内外的高度重视。泥炭是一种重要的有机矿产资源，若尔盖高原蕴藏丰富的泥炭资源，远景地质储量达19亿t（干重），约占全国泥炭资源总量46.8亿t的41%。由于本区水能、煤炭等资源缺乏，困扰该区经济发展，经国家有关部门批准，已开始建设一座1 500kW泥炭坑口示范电站，这是我国第一个泥炭发电站。本区大型泥炭矿138处，中型矿82处，泥炭质量优良，平均发热量13 816.44J/kg，并确定红原Ⅰ号、Ⅱ号泥炭矿、瓦切Ⅰ号泥炭矿为供应泥炭坑口示范电站的燃料基地，大规模开采泥炭作为燃料开发利用已势在必行；另外，由于当地能源紧缺，当地居民每年均需采挖泥炭解决工厂、机关、学校、居民取暖及炊事燃料问题。泥炭资源消耗量很大，仅红原县每年用于居民取暖及炊事用量就达9 500t，国内一些复合肥厂以泥炭为原料生产复合肥，也去若尔盖高原地区购置泥炭，使泥炭消耗量进一步增加。随着民族地区科学技术和社会经济的发展，泥炭综合利用工业化生产规模扩大，大规模泥炭开采已不可避免，由于无计划开采，滥采乱挖，不仅泥炭资源浪费严重，而且沼泽地表植被破坏也十分严重，深浅不一、大小不同的废弃泥炭矿坑遍地皆是，对湿地生物多样性保护不利，对可持续利用构成重大威胁。鉴于本区生态环境脆弱，气候寒冷，大规模泥炭开采后迹地植被的恢复，将成为泥炭开采与生物多样性保护矛盾的焦点。

3.4 过度放牧对湿地生物多样性保护的影响

若尔盖湿地与附近的高原草甸组成我国的著名的草场，以藏牦牛、藏系羊和河曲马著称于世，成为全国的五大牧业基地之一。湿地草场具有返青早的优点，是牧畜渡春荒的重要草场。本区草场长期超载，牲畜头数增长过快，“靠天养畜”十分突出。高寒草地的载畜能力为0.5hm² 草地饲养一个羊单位，沼泽草地的载畜能力为0.65hm² 草地饲养一个羊单位。牧区牲畜一直长期处于“夏饱、秋肥、冬瘦、春死”的恶性循环中。若尔盖、红原两县有天然草场158.04万hm²，可供牲畜利用草场139.91万hm²，约占草场总面积的88.53%。若尔盖县草场可产鲜草7 201kg/hm²，红原县产鲜草5 302kg/hm²，1990年若尔盖县实际载畜量为240.6万羊单位，红原县为169.6万羊单位。实际载畜量已经超过理论载畜量的1.5倍。1991年红原县牲畜达1 892 759个羊单位，超载540 383个羊单位，超载率39.36%。每头牲畜占有的草场面积严重不足，草场与牲畜关系严重失调，草畜矛盾日趋尖锐，造成本区草场植被总盖度下降，牧草质量下降，产草量减少。据测定，产草量较60年代下降20%左右，杂草和有毒草上升10%～30%，优良牧草逐年减少，有些地区草场优良牧草已经灭绝。如对牲畜十分适口的禾本科牧草种类从30%下降至16%，产草量下降了2%；生于草地上的一些毛茛科、菊科的物种正在取代原生长于湿地中的一些物种。对牲畜危害很大的植物狼毒(*Stellera chamaejasme*)，在很多草场均有分布，个别草场已成为主要伴生种。

3.5 湿地沙化的影响

在湿地地区发生沙化现象令人难以置信，但这在若尔盖高原地区确实是正在进行并有扩

大趋势，是一种环境恶化的危险信号。现在全区沙化地点已达 200 多处，沙化土地总面积已达 4 091hm²，潜在沙漠化土地面积达到 12 023hm²，现在沙漠化土地面积仍以每年 2.32%的速度递增，若尔盖县沙丘每年向前推进约 16.4m，年均吞没草场 419hm²。本区沙化首先起源于低山、丘陵，进而蔓延至谷地边缘。有些地区沙化已侵入典型湿地区，这些地区已呈现明显的沙漠化、湿地退化的趋势，无论是沙化规模、还是分布范围均有扩大的趋势。根据沙化地点分布，可将沙漠化分布区划分成 4 个主要带，即瓦切——辖曼牧场带、黑河下游以南山麓前缘带、辖曼乡——瓦尔马带和谢莫拉耶山周围地带。在谢莫拉耶，垄状沙丘和风蚀洼地连续近 1 000m，沙丘高 10 余 m，辖曼一带沙丘开始埋没宽谷中的沼泽草场，局部地段封闭了公路；瓦切宽谷中的链状沙丘，由于沙化不断扩展，链状沙丘几乎连起来，成为一条沙带了。经矿物分析，其矿物组成与宽谷埋藏沙相同，因此推断属原地起沙性质。沙丘形成的主要原因是由于流经本区的几条主要河流的冲积物的沉积所致。本区于第四纪的冰川末期发生长时期的间歇性的和不等量的地壳下沉，下沉的中心在黑河的中下游。由于上述地质变迁，区内河流、湖泊几度改道或搬迁，因而在黄河、黑河和白河的中下游地区形成了许多古河道，这些古河道上堆积大量粉沙、细沙和粗沙，又因地壳抬升，而形成沙丘、沙岗或沙地，其分布大体与上述三条河流走向一致。上述这些沙丘或沙地由于地下水位较高，粉沙含量重，加上年降水多、湿度大的特点，因而草甸植物相继侵入生长，逐渐发育成生草草层，并形成较厚的阶地草地或丘上草地；在一些地下水位较低，细沙、粗沙含量较高地段，草甸植物侵入较前者缓慢，仅形成植被稀疏的生草层，形成较薄的阶地草地或坡地草地。由于后者细沙、粗沙含量高，植被又稀疏，草层较薄，在受到干扰、冲击或破坏活动时，如过度放牧（频繁啃食、啃食草根、搔痒、牲畜过度践踏）或人为有害活动（盲目垦荒、挖药材、挖旱獭等），破坏了

表 1 湿地土壤理化性质变化比较

Pl	DE	De (cm)	pH	TN (%)	TP (%)	TK (%)	RAN (mg/kg)	RAP (mg/kg)	RAK (mg/kg)	HA (%)	Or (%)	DD (%)
		0～15	7.01	1.797	1027.7	4205.47	1176.0	29.30	55.77	61.16	61.99	35.34
CLJL	ND	15～28	7.14	1.513	454.51	4681.94	772.8	14.12	16.79	55.83	81.41	35.25
		28～50	7.06	0.794	694.51	3322.93	537.6	14.86	31.36	53.34	26.14	—
		0～15	7.60	0.650	908.98	9134.5	638.4	37.44	308.7	22.41	30.47	51.26
NRG	LD	15～30	8.03	0.303	749.6	7719.7	302.4	13.02	122.0	8.23	26.16	36.68
(1)		30～48	8.19	0.161	639.62	6555.5	84.0	15.98	96.9	5.16	23.34	—
		0～15	7.90	0.885	919.23	4349.36	2049.3	14.86	39.92	19.03	23.08	42.75
NRG	HD	15～30	7.98	1.110	893.20	3373.12	1646.4	21.25	18.97	50.08	55.64	44.35
(2)		30～50	8.12	0.680	350.93	6422.43	504.0	22.26	27.62	12.58	51.89	—

注：Pl：采样点（Plot） DE：干扰程度（Disturb Extent） De：深度（Depth） TN：全氮（Total N） TP：全磷（Total P_2O_5） TK：全钾（Total K_2O） RAN：速效氮（Rapidly available N） RAP：速效磷（Rapidly available P_2O_5） RAK：速效钾（Rapidly available K_2O） HA：腐质酸（Humus Acid） Or：有机质（Organic） DD：分解度（Decomposition Degree） CLJL：错拉坚湖滨（Chuolajiang lakeshore） NRG：九道班（Ninth Road Group） ND：几无干扰（No Disturbed） LD：轻度干扰（Lightly Disturbed） HD：重度干扰（Highly Disturb）

地表植被，破坏了草皮对全新世河流堆积物——沙层的保护，使沙土风干，削弱沙粒间的粘粒、胶粒的粘合作用，为风沙堆积提供了物质来源；加之本区冬季干燥，风力强，致使植被遭破坏而再度裸露的沙丘、沙地不断移动，并形成了新的面积不断扩大的沙化地。较大面积的

风蚀洼地，边部植被物已枯死、草根裸露，已有数种沙生植物侵入替代草甸、湿生或沼生植物，如不采取措施控制，草场进一步沙化的潜在危险甚大。

3.6 土壤的理化性质变化的影响

若尔盖县的辖曼牧场局部地区土壤盐渍化具有代表性，地表植被稀疏，覆盖度不足30%，呈一片焦土状。土壤理化性质受自然与人为因素综合作用的影响，一般与气候条件，水质、水化类型、泥炭类型、矿物质、氧化钙含量分解度以及人类活动的强烈冲击有关（表1），这些变化从土壤营养元素含量的分析数据亦可得到证实。

错拉坚湖滨（CLJL）沼泽土壤中不溶性氮、磷（表1中N、P全量）高于九道班(NRG)(1)、(2)；而可溶性速效氮、磷、钾却相反，受干扰的沼泽土壤含量要高于原生沼泽。在沼泽土壤中，氮、磷、钾多以有机态形式存在，即不溶性状态存在，例如氮以蛋白质或腐殖酸态形式存在，是潜在的养分，必须经过化学或生物作用后，逐步转化为能被植物吸收的可溶性状态的氮。当沼泽处于过度利用状态或排水疏干后，沼泽土壤水分减少，水热条件改善，通气性变好，甚至地温升高，土壤中好气性微生物增加，活性增强，加速有机质分解和养分转化，使一些潜在养分转化为可溶性养分，这就是受人类活动干扰越重的地区沼泽土壤速效性养分增加的原因。但是，就沼泽土壤营养元素总量随着人类活动的干扰呈下降趋势，必然导致湿地动植物的锐减，湿地生物多样性减少。

4 本区湿地生物多样性保护及资源可持续利用对策

4.1 建立湿地自然保护区，充分利用其价值和功能

湿地是重要的“绿色水池”或“绿色水库”，在调节气候和蓄水分洪方面有重要作用，其存在的重要价值和环境功能是不可替代的。当地牧民把沼泽草场作为早春抓“水膘”、抗灾渡春、接羔育幼草场。沼泽草场产草量高，可以作为割草基地。本区高原湿地具有典型性、独特性，具有多种珍稀濒危动植物物种，具有重要的科研意义和价值，在本区建立相当规模的湿地自然保护区是十分必要的（Goombrige，1992）。辖曼自然保护区正在筹建中，该区位于四川省若尔盖县北部，辖曼与阿西牧场之间，亦称热尔大坝，是若尔盖高原中最大的一片沼泽，沼泽中有著名的河流——黑河，湖泊——哈丘湖和错拉坚湖①，区内沼泽类型较多，形成巨大的沼泽复合体。沼泽中生物资源丰富，许多植物是良好的饲草，成为重要的冬夏放牧场；在这里栖息繁殖的鸟类有黑颈鹤、白鹳、玉带海雕、大天鹅、小天鹅、赤麻鸭、普通秋沙鸭等，珍禽数量、种类都较多。沼泽中泥炭资源面积大，储量多。原来人迹罕至的沼泽区，人类活动日益增强，畜群数量剧增，给沼泽环境造成愈来愈大的压力。70～80年代，本区曾是沼泽开沟排水的试验区，由于滥捕滥猎，误食灭鼠毒饵、农药，本区珍禽鸟类明显减少。为了切实加强对本区沼泽的保护，建议尽快设立自然保护区。

4.2 泥炭开采要保护湿地生态环境，并可以利用泥炭治沙

本区泥炭具有资源丰富的优势，应从肥料、建材、化工和能源等多方面进行综合开发和利用。开采泥炭时要有计划、有步骤地进行，要保护好沼泽地表草皮层，待采完泥炭后放回地表，以恢复湿地景观。若尔盖高原泥炭集中分布区都是湿地类型齐全、发育典型、生物多

① 赵魁义等，1998，人类活动对若尔盖高原沼泽的影响与对策，中国科学院“湖沼二期”特别支持项目报告。

样性丰富、人类活动干扰相对较轻地区。这些泥炭矿在若尔盖高原湿地中居重要地位，具有极其重要的环境功能，也是本区生物多样性最为关键地区。制定泥炭开采规划，应把湿地泥炭开发与生物多样性保护结合起来，从保护湿地生物多样性出发，采用合理的开发方式，规范人类开发利用湿地泥炭资源的行为，使人类开发湿地的同时，不破坏生态环境，并能拿出切实可行的保护和补救措施，以使湿地面积不缩小，质量不下降，生态环境功能不丧失，生物多样性不减少，并使其持续利用。本区“沙化”问题不仅破坏草场甚至危及湿地，如任其发展后果不堪设想。选用固沙效果好的当地牧草，如黑药鹅冠草（*Roegneria melathera* var. *tahopaica*）、赖草（*Aneurolepidium dasystachys*）、落草（*Koeleria cristata*）、紫花苜蓿（*Medicago sativa*）等，国外也有很多成功的经验，如以色列在沙漠化地区实施的“草原计划”等（Runoff，1995）。利用本区泥炭资源丰富的优势，用泥炭治沙，是一条行之有效的方法，即每年雨季到来之前，用泥炭覆盖裸露沙丘，除了发挥其肥力作用外，还有保温和自然播种的效果；覆盖泥炭的同时，补播上述牧草种子。为了提高“泥炭治沙”效果，要在迎风口处营造防风林或筑挡风墙。防风林可选用当地灌木高山柳、红皮柳等；为了防止畜群啃食践踏，要建围墙，保护人工固沙区。还应防止新沙丘的形成，对那些成土母质为黄土，细沙含量高、生草层薄的河岸、阶地等处，应注意合理利用，防止沙土裸露。

4.3　严控载畜量，发展人工草场

目前，红原县和若尔盖县都存在牲畜多草场少的矛盾，草场超载40%～60%，由于过度放牧，草场退化严重，牲畜越来越多，草场退化越来越严重，要解决草场退化问题，就须严格控制牲畜头数在理论载畜量的范围之内，科学管理。开展湿地草场合理开发利用和生态牧业示范研究，改变落后的游牧方式；改变一味地追求牲畜数量，不求质量；一味扩大牲畜头数，不顾其对湿地草场生物多样性影响的畜牧业生产方式；改变单纯放牧和半固定的游牧制，摆脱暖季牲畜可以正常生产、冷季则处于饥饿代谢的困境，及生产率低而不稳定、总增率不高、出栏率低的局面，使该区畜牧业生产从恶性循环中解脱出来。根据生态农业、生态工程和生态经济学原理，遵循湿地形成、发育、植物生长的自然规律，采用一套生态牧业流程，按生态关系、食物链关系将几种生物饲养、种植、养殖组成生产线，提高湿地生态系统物质循环、能量流动利用效率，变牧业恶性循环为良性循环，使牧区畜牧业生产具有良好的经济效益、社会效益和生态效益，以保护该区的生物多样性，使之实现可持续利用。积极扩大沼泽草场作为割草场，同时，结合当前的“草库仑”建设，应大力建设人工草场，特别是留作备荒饲草地，以缓解草畜矛盾。

4.4　湿地保护要立法

若尔盖高原湿地是我国一片重要的高原湿地，在发展当地经济和湿地生物多样性保护与可持续利用方面都具有重要的价值。由于缺乏相应的法规依据，对这片湿地的保护仅依靠宣传和教育是不够的，只有依靠有关职能部门依法执行才能解决问题。建立相应的湿地立法（Dugan，1990），按法规办事，是保护若尔盖高原湿地最有力、最有效的手段。

参考文献

柴岫等．1965．若尔盖高原沼泽．北京：科学出版社，51～63

柯是洛夫，E. B. 1953．西藏高原的鸟类分布及其类缘关系和历史．动物学报，5（1）：25～30

孙广友等．1987. 若尔盖高原沼泽生态环境及其合理开发的研究．北京：科学出版社，305～313
吴志康等．1985. 黑颈鹤越冬生态初步研究．生态学报，(5)：71
赵魁义．1995. 中国湿地生物多样性的研究与持续利用．见：陈宜瑜（主编）．中国湿地研究．长春：吉林科学技术出版社，48～53
赵佐成等．1987. 若尔盖糖曼——阿西高原沼泽自然保护区沼泽植物特征．武汉植物学研究，5(3)：235～243
Goombrige, B. 1992. Global Biodiversity. London: Chapman & Hall, 293～306
Dugan, P. J. 1990. Wetlands conservation, a Review of current issues and required action. IUCN, 68～76
Runoff, T. B. H. 1995. The minicatchment technique——an alternative to irrigated tree plantation in semiarid region. AMBIO, 24 (2): 72～76

THE CURRENT SITUATION OF ROIGE PLATEAU WETLANDS BIODIVERSITY AND THEIR CONSERVATION COUNTERMEASURE

He Chiquan, Zhao Kuiyi, Zhao Zhichun
(Laboratory for the Wetland Process and Environment, Changchun Institute of Geography, the Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021)

The wetland on the Roige plateau is the typical representative on Tibet Plateau. On this wetland, there are 9 animal species which are the national first grade protected animals; 41 species which are the national second grade protected animals; 1 208 species forage plants which belong to 131 families, 573 genera; including the wetland plants there are about 200 species, 251 vertebrate species which belong to 29 phyla, 65 families. The main value of wetland biodiversity in this region is analyzed. This includes the distribution of peculiar species with the world wide importance (*Grus nigricollis*), rare endangered species, and many key economy species with scientific research values. However, human activities caused great damage to vegetation in this region, for example, peatland exploitation causing the change of soil physical—chemical quality, in addition to the special climate factors in this region. A part of the region has caused desertification, which lead to the biodiversity decrease. This paper proposed some suggestions for protection of biodiversity and sustainable utilization. Corresponding environment control management measure consist of the following: coordinating the relation between human activities and wetland biodiversity protection; strictly controlling the number of the herb, and develop man—made herb field; establishing nature reserve of mire wetland on the plateau; exploring the dominant resource in this region, utilizing the peatland to control the desertification; issue the law about conservation of mire wetlands biodiversity.

Key words: Roige plateau, Biodiversity, Wetland, Protection

地球变迁、古环境变化及陆生植物的形成与演化*

金建华
（中山大学生命科学学院，广州 510275）

摘　要　本文简要叙述了地球发展不同时期的主要特征，并阐述了地史时期植物区系的形成和演变过程，以及与地球变迁和古环境变化的必然联系。这对我们研究现代植被（包括森林）与全球变化的关系，具有一定的理论和现实意义。

关键词　地球变迁　古环境　陆生植物

地球自形成以来，迄今已有 46 亿年的历史了，其间，无机界和有机界都发生了深刻的变化。大陆漂移、洋底扩张、板块运动以及多种天文因子的作用和影响，控制和制约着地球古环境、古地理及古气候的不断变迁，而地球环境的这种多样性也直接导致生物进化的多样性。地球上的生命从距今 38 亿年前开始出现以来，经历了漫长的地质年代，物种从无到有，由少到多，由低等到高等，由简单到复杂。在这漫长的进化过程中，生物多样性不断得到发展。本文将主要介绍地球的演化以及陆生植物的形成和演变历程（表 1）。

1　前寒武纪地质特征

前寒武纪包括太古代和元古代。在远太古代地球形成之初，地球还是一个固体的、均质的天体，其成分基本相当于球粒陨石。随着内部物质的不断对流作用，地球由内到外逐渐分异成地核、地幔和地壳；同时，大气圈和海洋也开始形成。从此，地球的内部及外部圈层基本形成。到了太古代，地球上开始出现最早的小陆核，陆壳继续增长，火山—岩浆活动强烈而频繁，岩层普遍遭受变形和变质，大气圈和水圈都缺少自由氧，原始生命开始出现，主要为简单的丝状细菌和球状体。元古代地表开始出现一些范围较广、厚度较大、相对稳定的大陆板块，大气圈中 CO_2 浓度下降，自由氧浓度显著上升，水圈中的化学成分随氧含量的增高发生相应的变化；地表温度渐趋下降，但仍高于现代值，温度下降的原因可能是大气圈中 CO_2 浓度的下降和温室效应的减弱。元古代后期（震旦纪）地史上进入了一次大的冰期，全球气温下降，在亚洲、欧洲、北美、南美、西非、南非、澳大利亚等地都可以见到这一时期冰川活动的遗迹。元古代由于自由氧的出现，导致生物界出现了一次飞跃，真核生物和后生动物相继出现。微古植物绿藻类、褐藻类、红藻类先后出现并得到大量发展。因此，前寒武纪植物界又称菌藻植物阶段。

---

* 国家自然科学基金重点基金（39830310）及中国科学院鹤山丘陵综合试验站开放基金资助项目。

表1 地质年代表

地质年代		距今年代（百万年）	植物进化
代	纪		
新生代	第四纪	1.8	被子植物阶段
	第三纪	65	
中生代	白垩纪	135	
	侏罗纪	205	裸子植物阶段（晚侏罗世出现原始被子植物）
	三叠纪	250	
古生代	二叠纪	290	
	石炭纪	355	蕨类、原始裸子植物阶段
	泥盆纪	410	
	志留纪	430	裸蕨植物阶段
	奥陶纪	510	陆生植物开始
	寒武纪	570	
元古代		2 500	菌藻植物阶段
太古代		4 000	

2 古生代地史特征及陆生植物的形成与演化

古生代是显生宙第一个代，可分为早、晚古生代。早古生代包括寒武纪、奥陶纪和志留纪；晚古生代包括泥盆纪、石炭纪和二叠纪。

经历了前寒武纪漫长的演化，到了早古生代初，全球大地构造和古地理的格局是北半球出现了范围较小的稳定地块，它们是古北美板块，古欧洲板块、古西伯利亚板块和中国的塔里木—中朝板块与华南板块；南半球则由非洲地块、南美地块、印度地块、澳大利亚地块和南极洲地块拼合形成了冈瓦纳联合地块。

海水在寒武纪初仅局限于大陆最外边缘，以后逐渐向大陆中心侵进，尤其在古西伯利亚大陆和古中国大陆，海侵范围较大，而南半球冈瓦纳大陆海侵仅限于边缘。奥陶纪是地史上海侵广泛的时期之一，当时除古欧洲大陆和冈瓦纳大陆以外，其他广大地区都被海水所淹没。奥陶纪晚期，地壳上升，各地有不同程度的海退。志留纪时，由于各板块间的移动、靠拢，地壳运动的加剧，海侵范围逐渐缩小；志留纪末期，不少地区上升为陆地，有的接受陆相沉积，有的遭受剥蚀，这为植物的最终登陆提供了外部条件。

由于震旦纪的冰川广布，早古生代初期全球的气温可能还是比较低的，随着寒武纪的广泛海侵，气候逐渐温和起来。当时的北美、欧洲、西伯利亚和中国的一部分是非常靠近赤道两侧低纬度地区的热带、亚热带环境，形成了许多热带干燥条件下的沉积物。

生物界在经历了前寒武纪的漫长进化后，早古生代发展到了一个新的阶段。动物以海生无脊椎动物的大发展为特点，植物在寒武纪和奥陶纪仍以海生藻类为主。从志留纪开始，由于受加里东构造运动的影响，陆地面积不断扩大，为菌藻植物的登陆提供了外界条件，经过漫长的地质年代，菌藻植物朝着多方面的方向发展，某些适应陆生环境的植物，终于在志留纪

末期—泥盆纪初期登陆成功，开始了裸蕨植物的时代，成为第一批陆生植物。这是植物征服大陆的开始，它和志留纪后期陆地面积不断扩大、自然地理环境发生变化是分不开的。

梅因（1987）认为，首先有能力登陆的不是高等植物，而是各种藻类、真菌和细菌，同时，它们还能形成大陆生态系统。美国学者在研究宾夕法尼亚州晚奥陶世古土壤时，发现有某些动物进入土壤深处的足迹，这种动物很可能是某种环节动物或是节肢动物，据此，他认为，供养这些陆生动物群的植被在志留纪前的奥陶纪就已存在，这种植被是由陆生藻类组成的。梅因（1987）进一步认为，陆生高等植物就起源于这些陆生藻类，而不是起源于逐渐迁往陆地的水生高等植物，并将古老的陆生植物的发展分为3个阶段：第一阶段开始于中奥陶世，孢子植物首次登陆，这些古老的孢子以四分体形式保存；第二阶段为早志留世中期和晚期，这一时期四分体孢子转变为分散孢子，其形态很像高等孢子植物中的孢子；第三阶段为晚志留世中期，这一时期由表面光滑的孢子占优势转变为带各种饰囊的孢子。美国古植物学者根据大化石将第一批陆生植物（志留纪末期至早泥盆纪初期）分为三个带：第一个带（包括志留纪最后的两个阶）其特征是顶囊蕨属（*Cooksonia*）的出现，它是现在已知高等植物中最原始的；第二个带（包括早泥盆纪第一个阶吉丁阶和第二个阶西根阶的一半）具有代表性的植物是工蕨（*Zosterophyllum*），石松类可能起源于这类植物；第三个带（早泥盆纪剩下的部分）特征植物是裸蕨（*Psilophyton*），有节类、蕨类、种子植物可能起源于这一类群（Meyen，1987）。

有关最早期陆生植物的知识每年都在更新，传统上认为最完美的早期维管植物顶囊蕨属现已被认为代表一个具相似形态结构植物的人为组合，并非真正的维管植物。蔡重阳等（1995）重新研究了耿宝印（1986）描述于贵州凤冈志留纪 Llandovery 世地层的 *Pinnatiramosus qianensis* Geng，认为这一植物很可能是目前世界上最早的维管植物，从其形态、解剖特征及所处的生态环境分析，推断它可能代表由水生环境演化为陆生或半水生的维管植物（李星学，1995）。

植物登陆的成功，彻底改变了大陆长期处于荒漠的状态，从此开始了陆生植物群的发展新阶段。

到了晚古生代，全球岩石圈各板块继续运动，由于北半球各板块间的碰撞、拼合，并与冈瓦纳大陆的相接，到二叠纪末，一个超级的联合古陆（泛大陆）形成。随着陆地面积的急剧增长，沉积环境和气候的分异非常显著，与此相联系的是陆生植物的大量繁殖，植物地理分区现象渐趋明显，全球可分为四大植物地理区即安加拉植物区、华夏植物区、冈瓦纳植物区、欧美植物区。其中欧美和华夏植物区占据赤道位置，代表热带和亚热带气候，欧美植物群的特征分子有 *Friopsis*、*Lyginopteris*、*Mariopteris* 等；华夏植物区的代表分子是 *Gigantopteris*、*Tingia*、*Conchophyllum*、*Cathaysiodendron* 等；安加拉植物区反映了温带条件，只是到了二叠纪局部占据赤道带，特征分子有 *Angaropteridium*、*Angaridium* 等；冈瓦纳植物区则为温带气候，代表分子有 *Glossopteris*、*Gangamopteris* 等。

古地磁资料也表明，晚古生代时，北美、欧洲等地位于赤道附近及低纬度地区；欧亚大陆与冈瓦纳大陆之间的特提斯海（古地中海）区也位于赤道附近，属热带、亚热带区，或者是干燥的气候条件。古西伯利亚大陆大部分位于北纬 40°～50°，南半球的冈瓦纳大陆处于中、高纬度区，南极位置大致处于非洲南部或南极洲地区，澳大利亚在泥盆纪时位于南纬 30 度以南，石炭纪、二叠纪处于中、高纬度区。

晚古生代陆生植物的演化有明显的规律，可分为下列几个主要阶段：

裸蕨植物阶段：志留纪末期至早、中泥盆纪，植物界由水域扩展到陆地，外界环境的改变，使植物机体的形态和结构有各种适应和分化，如逐渐有茎、叶的分化，输导系统维管束出现，茎表皮角质化及具气孔等。这一阶段以裸蕨植物为主，并有原始的石松和真蕨植物，但多为形态简单、结构差异不大、适应于滨海沼泽低地的较低级的矮小植物。

蕨类、原始裸子植物阶段：晚泥盆纪至早二叠纪，以石松纲、真蕨纲、种子蕨纲、科达纲为主。这一阶段的植物根、茎、叶进一步分化，输导组织进一步发育，原始的裸子植物用种子繁衍后代，使植物的生活脱离了对水的依赖。晚泥盆纪小乔木状植物已较普遍，如古羊齿、圆印木、薄皮木、亚鳞木等；早石炭纪已有小片的滨海沼泽森林，晚石炭纪至早二叠世，由于各类植物的极度发展而形成了广阔的滨海沼泽森林或内陆沼泽森林。

裸子植物阶段：晚二叠纪开始，石炭、二叠纪占优势的石松、楔叶、真蕨、种子蕨等大大衰退，代之而起的是裸子植物，一直持续到中生代的早白垩纪（克里什托弗维奇，1965；李亚美和夏德一馨，1985；赵瑞文，1992；杨关秀，1994）。

3 中生代地史及植物群演化特征

中生代是显生宙的第二个代，包括三叠纪、侏罗纪和白垩纪。

经过晚古生代的地史演变中生代又进入了一个新的发展阶段，古生代末期形成的联合古陆，中生代时逐渐分裂解体，其过程经历了若干阶段，第一阶段大致在二叠纪末至早、中三叠纪，冈瓦纳大陆与劳亚大陆之间开始分裂；第二阶段是晚三叠纪，北美与冈瓦纳大陆完全分离，南美、北美大陆之间已分开数百公里，冈瓦纳大陆内部也已出现一些较大的裂缝，如非洲与南极洲之间、印度与南极洲之间、印度和非洲之间都发生分离，此时澳大利亚与南极洲仍贴在一起；第三阶段是侏罗纪至白垩纪初期，北美大陆继续向西漂移，南美大陆与非洲大陆的分裂也已开始，随着印度洋的加宽，印度大陆向南亚方向移动，澳大利亚和南极洲作为一个整体向东南方向漂去；第四阶段从晚白垩纪一直持续到第三纪初，欧洲与北美除了极北端以外不再相连，南美与非洲已经分开，澳大利亚与南极洲也开始裂开。随着联合古陆最终解体为欧亚、非洲、北美、南美 、澳大利亚和南极洲六大陆块，同时也形成了大西洋、印度洋、北极海，古太平洋（泛太平洋）则逐渐缩小。因此，中生代历史也是泛大陆不断走向分裂解体，泛大洋面积逐渐缩小的历史。

中生代的古气候与古生代有很大的不同，从各大陆三叠纪沉积物的岩相特征判断，当时干燥气候相当普遍，从古北纬40°以南，横越古赤道线到当时的南极都有红层和蒸发岩类的分布，晚三叠纪温湿气候带有所扩大，主要在北半球古北纬40°以北地区，如我国北方、西伯利亚、中亚和东欧都属于这一气候带。就全球而言，三叠纪是以干燥炎热气候占优势。侏罗纪时气候仍相当炎热，但已不像三叠纪那样干燥，白垩纪早期的气候与侏罗纪相似，比较炎热和湿润，这个时期各大陆的古植物面貌较为接近，从古赤道到南、北纬70°之间都为亚热带型，当时在高纬度生长的蕨类和苏铁类与今日北美热带雨林中的植物群很相似。晚白垩纪干燥气候带在北半球又有所扩大。

中生代生物界的主要特点是爬行类动物空前繁盛。植物界以裸子植物占据重要地位，晚古生代繁盛的种子蕨、楔叶类、科达类等大多衰落和绝迹，而裸子植物的银杏类、苏铁类、本内苏铁类、松柏类等的发展达到了顶峰。因此，地史上又称中生代为“裸子植物时代”。晚侏

罗世晚期，原始被子植物出现（Cre Sun *et al.*，1998），早白垩纪裸子植物开始退居次要地位，到了晚白垩纪，被子植物迅速发展取代了裸子植物而居统治地位。

3.1 三叠纪植物群及其地理分区

三叠纪开始，由于继承了二叠纪气候条件，植物群的发展很不均衡，早三叠纪时，植物群非常单调，在北美主要见于亚里桑那州和新墨西哥州，在亚洲则主要分布于前苏联的海参崴、雅库特、乌拉尔西坡、通古斯盆地及中国的山西沁水盆地等，代表性分子为石松类的 *Pleuromeia*、松柏类的 *Valtzia* 等，代表干燥气候条件。中三叠纪，植物类型仍很少，只是到了晚三叠交替期，植物群方大量繁育起来。根据哈瑞士的意见，这一时期的植物群可划分为 3 个区：欧洲和格陵兰的 *Lepidopteris* 植物群，冈瓦纳的 *Thinnferdia* 植物群以及具很多亚洲特殊分子的越南东京植物群。

我国三叠纪古地理主要为南海北陆，北方的早三叠纪也继承了晚二叠纪石千峰期的干旱气候条件，植物群面貌单调，仅在山西沁水盆地等少数地点发现有 *Pleuromeia* 植物群的分布。最近在吉林九台芦家屯报道有早三叠纪地层的发现，植物化石有 *Neocalamites* 等。我国晚三叠纪植物群面貌十分丰富，有两个不同的植物群，它们是 *Dictyophyllum-Clathropteris* 植物群（南方区）和 *Danaeopsis-Bernoullia* 植物群（北方区）。

3.2 侏罗纪—白垩纪植物群及其地理分区

3.2.1 早中侏罗纪植物群及其地理分区

全球可分为 3 个区，即西伯利亚区、赤道区、南冈瓦那区。

（1）西伯利亚区 包括欧洲东北部、乌拉尔、哈萨克斯坦大部、西伯利亚及中国北方大部。代表温暖潮湿气候，含煤层。主要分子有 *Phoenicopsis*、*Czekanowskia*、*Ginkgo*、*Baiera*、*Sphenobaiera*、*Cladophlebis*、*Coniopteris*、*Raphaelia*、*Schizolepis*、*Pityophyllum*、*Podozamites*、*Pterophyllum*、*Anomozamites*、*Nilssonia* 等。

（2）赤道区 包括欧洲西部、高加索、中亚、中国南方及东南亚。在美洲主要分布于格陵兰、阿拉斯加南部、温哥华、墨西哥和古巴。主要分子有 *Anomozamites*、*Pterophyllumm*、*Ptilophyllum*、*Otozamites*、*Nilssoniopteris*、*Zamites*、*Williamsonia*、*Williamsoniella*、*Nilssonia*、*Beania*、*Ctenis*、*Pseudoctenis*、*Phlebopteris*、*Marattiopsis*、*Clathropteris*、*Dictyophyllum*、*Thaumatopteris*、*Coniopteris*、*Klukia*、*Pachypteris*、*Pagiophyllum*、*Classopollis*、*Podozamites*、*Ginkgo*、*Baiera*、*Sphenobaiera*、*Czekanowsia* 等。

（3）南冈瓦那区 包括巴西、哥伦比亚、阿根延、澳大利亚和新西兰。主要分子有：*Otozamites*、*Zamites*、*Dictyozamites*、*Ptilophyllum*、*Coniopteris*、*Brachyphyllum*、*Pagiophyllum*、*Nilssonia*、*Podozamites* 等。

中国的早中侏罗纪古地理和海水分布轮廓与晚三叠纪相似，当时也有两个植物群，其地理分布与晚三叠纪相近，它们是 *Ptilophyllum-Coniopteris* 植物群（南方区）和 *Coniopteris-Phoenicopsis* 植物群（北方区）。

3.2.2 晚侏罗纪—早白垩纪植物群及其地理分区

晚侏罗纪与早白垩纪植物群面貌基本一致，这两个时期可分为 4 个植物地理区。即西伯利亚-加拿大区，欧洲-中国区，赤道区及南冈瓦那区。它们与各自的气候带相对应。

（1）西伯利亚-加拿大植物区 本区气候湿润温暖，在许多地方，尤其是西伯利亚含有煤层。植物主要为银杏类占优势。在布列亚盆地植物化石主要有 *Ginkgo*、*Baiera*、*Sphenobaiera*、

Eretmophyllum、*Pseudotorellia*、*Pityophyllum*、*Podozamites* 等。*Nilssonia*、*Ctenis*、*Pterophyllum*、*Butefia*、*Heilungia* 等明显增加，蕨类也较多。此外，还有 *Cladophlebis*、*Coniopteris*、*Rhphaelia*、*Eguisetum* 等分布。早白垩纪出现了 *Trochodendroides*、*Menispermites*、*Celastrophyllum*、*Cissites* 等被子植物。

（2）欧洲-中国植物区　本区从欧洲经中亚一直延伸到东亚，可划分为不同的区，成煤作用基本停止，代表的是干旱、半干旱环境。与西伯利亚-加拿大区不同的是，本区发现了一些比较古老的分子。由于气候干燥使得蕨类植物明显减少，本区植物主要为一些具旱生结构的植物，如 *Pterophyllum*、*Ptilophyllum*、*Otozamites*、*Cycadeoidea*、*Pachypteris*、*Brachyphyllum*、*Pagiophyllum*、*Frenelopsis* 等。

（3）赤道区　包括南美、非洲大部。本区特征是 *Classopollis* 花粉大量发育。植物大化石发现较少，主要为蕨类 *Weichselia* 等。

（4）南冈瓦那区　包括非洲南部、南美南部、印度、澳大利亚及南极洲。主要分子有：*Otozamites*、*Dictyozamites*、*Ptilophyllum*、*Pterophyllum*、*Brachyphyllum*、*Pagiophyllum*、*Classopollis* 等，蕨类植物亦较繁盛，主要为 *Cladophlebis*、*Onychiopsis*、*Hausmannia*、*Gleichenites* 及少量银杏类，如：*Ginkgoites*、*Karkenia* 和松柏类。

3.2.3　晚白垩纪植物群及植物地理分区

晚白垩纪植物群面貌发生了很大的变化，被子植物大量繁育起来。到了晚白垩纪末期，许多植物开始绝灭，如 Peltaspermaceae 类植物，Kidstonia 类也已很少见，苏铁类、本内苏铁类、Leptostrobales 类及银杏类大大减少。晚白垩纪末 Leptostrobales 类及本内苏铁类也绝迹。晚白垩纪松柏类、蕨类及石松类为现代类型。

我国晚白垩纪含被子植物化石的产地和地层近来发现不少，根据植物群的成分和特征大致可分为 3 个植物地理区，即北方区、古地中海区和南方区。

4　新生代地史及植物群演化特征

新生代是地质历史的最新阶段，包括第三纪和第四纪。这一时期板块运动表现明显，中生代中期开始的大陆漂移活动仍以很快的速度继续进行。在南半球，不仅南大西洋与印度洋继续扩展，南美洲与非洲间的分离以及非洲—印度与南极洲—澳大利亚之间继续分离，而且非洲与印度之间，澳大利亚与南极洲之间也在第三纪早期明显地分离。在北半球，分裂与漂移活动同样贯穿新生代的始终，第三纪初，欧洲与北美洲可通过格陵兰相互连结，然而这仅有的连结很快就被北大西洋扩张活动所中断，此后，北大西洋一直以相当快的速度扩大，逐渐达到今天的宽度。随着板块运动的发展，岩石圈的构造、地表自然地理面貌逐渐与现代接近。

新生代大陆性气候范围扩大，第三纪后期气候分带现象日趋明显。就全球范围而言，老第三纪气候比较温暖。当时北半球的热带、亚热带气候带范围很宽，包括北美的中南部、中欧、南亚和东亚，喜热的棕榈树一直分布到阿拉斯加，但在北非、中亚和澳大利亚西部却分布着宽阔的干燥气候带，这一气候带经新疆直达我国的东南沿海，普遍形成含石膏、岩盐的红色沉积。我国东北地区当时为温带与亚热带的过渡地带，气候温暖潮湿，森林茂密。新第三纪，由于许多山系崛起，地势高差显著，气候分异明显，气温也显著下降，亚热带的北界

已大致由北纬 42°南移到北纬 35°左右。第三纪末期，由于山系继续上升，地势高低差异更加明显，在一些山地开始有冰川活动。到了第四纪，冰川作用范围进一步扩大，进入地史时期的一次大冰期，其后又经历了多次冰期和间冰期，一直到全新世全球气候才逐渐转暖。

新生代的植物界以被子植物的极度繁盛为特征，又称为“被子植物时代”，此时，裸子植物已全面衰退，只有松柏类在高山地区与低温地带仍占较重要的地位，蕨类植物也大为减少且分布多限于温暖地区。新生代植物群的面貌已非常接近于现代，这一时期由于气候条件剧烈变化、造山运动影响及冰期、间冰期的多次出现，使得植物发生大规模的迁移。

4.1 第三纪植物群及其地理分区

4.1.1 全球第三纪植物群及其地理分区

始新世和中新世早期全球可分为 4 个植物地理区：全北区、热带区、南冈瓦那区和澳大利亚区（李星学，1995；Meyen，1987）。

(1) 全北植物区

分布于北半球外热带区，具明显的气候和植物的分带性，为温带和亚热带环境，老第三纪初可分为北方区和特提斯区，老第三纪末至新第三纪成为一个区。

北方区：包括北美、英国、白俄罗斯、中乌拉尔到阿尔泰和蒙古南部，一直延伸到太平洋沿岸、前苏联滨海省及日本北部。主要分子有 *Ginkgo*、*Metasequoia*、*Glyptostrobus*、*Magnolia*、*Trochodendroides*、*Platanus*、*Osmunda*、*Thuja*、*Alnus*、*Betula*、*Quercus*、*Juglans*、*Populus*、*Grewiopsis*、*Acer*、*Aesculus*、*Vitis* 等。

特提斯区：分布于特提斯沿岸，在北美包括现在的美国，欧亚大陆包括现在的欧洲、近东、哈萨克斯坦大部、中亚、中国及日本，为亚热带环境。主要为常绿被子植物。

(2) 热带植物区

分为 3 个区：非洲区、印度-马来西亚区、新热带区，广布热带雨林被子植物。

(3) 南冈瓦那植物区

分布于南半球，包括整个南极洲，当时澳大利亚、新西兰、南美与其紧密相连。含各种古老的松柏类植物，如 *Agathis*、*Podocarpus*、*Dacridium*、*Phyllocladus* 及 *Nathofagus*、*Proteaceae* 类、*Myrtaceae* 类、*Araliaceae* 类、*Winteraceae* 类等分子。又可分为南极区，新西兰区和南美区。

(4) 澳大利亚植物区

澳大利亚区是于始新世末从南冈瓦那区分离出来的，本区含有各种气候环境的植物化石，既有南冈瓦那区老第三纪早期的典型分子如 *Araucaria*、*Podocarpus*、*Dacrydium*、*Microcachrys*、*Nothofagus*、*Lepidozamia*、*Bowenia*、*Pterostome* 等，此外还产有热带、亚热带植物如 *Casuarina*、*Cupania*、*Beauprea*、*Myrtaceae*、*Santalum*、*Banksia* 等，在滨海地带则发育有 *Auicennia*、*Rhizophora*、*Sonneratia*、*Nypa* 等。

4.1.2 我国第三纪植物群及其地理分区

我国第三纪植物群非常发育，但古新世还没有发现确切的植物群，仅在吉林延吉、广东三水和海南长昌等有个别的古新世植物分子。

(1) 始新世植物群及地理分区

根据其组分和特征，可分为 3 个植物地理区即北方亚热带湿润区、中部副热带干旱区、南方热带潮湿区。

北方亚热带湿润区：分布于我国北方，大致以天山和阴山的南缘，即济南—哈密一线为界。本区植物种类丰富，成分复杂，温带至亚热带的属种均有代表。主要由暖温带至亚热带的落叶乔木和灌木组成，但也夹有少数热带常绿植物。形态属已很少，基本为现代属，反映与现代植物的关系更加密切。植物叶片大小中等，纸质、少数革质，叶缘常有齿、个别全缘，代表亚热带湿润气候。本区北部未见常绿植物，可能为暖温带气候。

中部副热带干旱区：本区北界接前区，南界以南岭山麓和冈底斯山为界，约相当于广州至拉萨以南一线。区内植物比较贫乏，*Palibinia* 是最常见的植物，为亚热带干旱气候的典型代表，与其共生的有温带的 *Ulmus*、*Zelkova*、*Corylus* 和 *Sophora*，暖温带至亚热带的蕨类植物 *Equisetum*、*Lygodium*，裸子植物 *Metasequoia*，被子植物 *Quercus*、*Comptonia*、*Acer*、*Eucommia*、*Euonymus*、*Ziziphus* 和 *Trapa* 等。此外，还有少数亚热带至热带常绿植物，如 *Mahonia* 等。叶片较小亦厚，革质，叶缘有齿或刺，代表副热带干旱或季节性干旱的气候。

南方热带潮湿区：位于前区之南的低纬度地区，年平均气温较高，雨量充沛，植物生长茂盛，蕨类植物有 *Osmunda*、*Lygodium* 等。被子植物中落叶植物有：*Cyelocarya*、*Nelumbo*、*Cercidiphyllum* 等，常绿植物有 *Dryophyllum*、*Myrica*、*Magnolia* 等。植物叶片较前两区大、厚，革质，多为全缘叶，代表的是热带潮湿气候。

（2）渐新世植物群及地理分区

渐新世我国可分为南北两个植物地理区，即北方温带湿润区和南方热带潮湿区。

北方温带湿润区：化石主要产于吉林延吉、辽宁海龙、沈阳北郊、河北张家口等地。常见有蕨类植物 *Salvinia*、*Woodwardia*，裸子植物 *Ginkgo*、*Pinus*、*Taxodium*、*Calocedrus* 等，被子植物 *Populus*、*Alnus*、*Fagus*、*Castomea* 等，被子植物中常绿成分已不存在，全由落叶植物组成，裸子植物中出现了常绿的 *Pinus*、*Calocedrus*。本区植物叶片大小中等，叶缘均有齿，叶纸质、无旱生特征，代表温带较暖和的湿润气候。

南方热带潮湿区：化石产地主要为广东茂名及云南景谷。本区以常绿植物占绝对优势，反映我国南方自始新世至渐新世没有发生显著的变化，仍为热带潮湿气候。

（3）中新世植物群及地理分区

我国中新世植物群在全国各地均有分布，以东部沿海和南部丘陵地区较为丰富。根据植物群的特征可分为下列4个植物地理区

北方温带区：包括黑龙江桦南道台桥组、河北围场赤峰组两个植物群。基本为常见温带落叶植物，如 *Quercus*、*Liriodendron*、*Corylus*、*Pinus*、*Populus*、*Fagus* 等，与渐新世相比，被子植物成分变化不明显，喜暖的裸子植物 *Ginkgo*、*Glyptostrobus*、*Taxodium*、*Sequoia* 等突然减少。本区植物叶片大小中等，叶薄纸质，叶缘均有齿，代表温带中生气候环境。

东部沿海亚热带区：化石主要产于山东临朐山旺组、浙江宁海下南山组、福建漳浦佛昙组等，本区蕨类和裸子植物稀少，被子植物则非常繁茂，落叶植物在本区占优势。常绿植物也得到适当的发展，植物叶片较大，叶多纸质，叶缘常有齿，反映亚热带湿润气候条件。

南方热带区：主要产于广西百色盆地、云南宜良等地。蕨类和裸子植物均很稀少，被子植物都是现代暖温带至热带常见的属，常绿半常绿分子占1/3，樟科、壳斗科和豆科植物在本区占优势。

青藏高原温带区：化石主要产于西藏南木林和青海泽库等地，主要有裸子植物 *Taxus*，被子植物几乎全为落叶，以 *Populus* 的种类为最多，其次为 *Salix*、*Carpinus*、*Acer* 等。反映了

高原亚热带稍湿润和温带稍旱的气候特点。

(4) 上新世植物群及地理分区

我国上新世植物群产地稀少，根据植物群组合特征可分为东部沿海暖温带区、川滇亚热带区和西北高原温带区。

4.2 第四纪植物群

第四纪全球植物群的面貌与现代已基本一致。第四纪植物群的历史就是现代植物区系的形成过程，除少数灭绝了的种以外，第四纪的种皆在现代种的范围以内。第四纪时只有藓纲发生了重要的事件，泥炭藓科得到了发展并形成泥炭沼泽，由于第四纪的沉积大都比较疏松，导致植物化石呈特殊保存状态，它们大都没有石化，通常都保存为泥炭、泥炭和粘土中的未煤化的植物碎屑等。目前，对第四纪植物群研究得较为详细的有西欧、前苏联的欧洲部分、西伯利亚和北美等地区，亚洲的第四纪植物群研究得较差，研究得较精确的是鄂毕河下游的植物化石及额尔齐斯河流域，这些地区的第四纪植物群分布于明德—里斯和里斯—玉木间冰期的地层中。

我国的第四纪地貌和古地理环境与晚第三纪相差不大，植物群面貌也与上新世基本相似，与现代植物地理区系也相同，即可分为南方植物区、西北植物区和东北植物区 3 大区。植物群的组成以被子植物为主，裸子植物次之，蕨类植物更次之。西藏地区，由于喜马拉雅山上升的影响，气候变冷，山区出现高山冻原和高山草甸。华北和西北，由于干旱性气候的加强，干草原进一步向半荒漠和荒漠发展。

更新世是冰期的时代，冰川对我国第四纪植物的影响虽然并不太大，但每次气温下降，都导致植被面貌发生一定的改观。在早更新世冰期，西北地区森林植物以铁杉、冷杉、云杉、松、榆、朴等属为主，到晚更新世大理冰期，则以云杉和冷杉最为繁盛。严寒到来的时候，我国南部地区变得适于温带植物的生长，一些地方植物向南迁徙，而原居于亚热带的喜暖植物则南移。当气温回升时，一些南方植物又回到北方。

全新世植物群以北京附近为例，主要分子有乔木类型的松、栎、榛、椴、桦、榉、落叶松、云杉等，非乔木类型的蒿、禾本科、莎草科、毛茛科、蔷薇科、藜科、百合科、黑三棱、麻黄等。植被的演替分 3 个阶段：下段松属花粉占绝对优势，阔叶树不多，草本稀少；中段为栎树阶段，草本花粉达到高峰；上段又类似于下段的松树阶段。

综上所述，陆生植物自中志留纪成功登陆以来，经历了裸蕨植物阶段、蕨类与原始裸子植物阶段、裸子植物阶段和被子植物阶段等漫长的演化历程，在此演化过程中，植物多样性不断得以发展。值得指出的是，在古生代华夏植物区系中，大羽羊齿类植物的个别分子已初具原始被子植物的某些特征，被视为很可能是一种前被子植物(Hongqi Li *et al.*，1994；Hongqi Li *et al.*，1996)。张宏达认为，现代华夏植物区系与古生代华夏植物区系在演化上有着深刻的渊源关系，它们是一脉相承的（《张宏达文集》编辑组，1995)。由此我们可以认为，现代华夏植物区系生物多样性的形成可以追溯到晚古生代植物群的发展。晚古生代和中生代植物群的演化，尤其是中生代晚期被子植物的迅猛发展，为现代植物多样性的形成提供了物质基础。但对现代植物多样性的形成有直接影响的则是新生代尤其是第四纪植物群的发展。近年来，关于陆生植物的形成及多样性发展等问题已引起越来越多中外学者的重视。Ingrouille M.(1992) 从植物体的特性、多样性类型（包括藻类的祖先、陆生植物的原始群落、裸子植物的时代、绝灭的种子植物类群等)、性与扩散（包括配子体、孢子、种子和果实)、花的进化和

多样性、树木和森林的适应及适应生长形式等研究了陆生植物的多样性和演化（Ingruicle，1992）。Pearson L. C.（1995）将植物多样性演化划分为3个方向：①红线：真核植物、红海藻、陆生藻类、苔类和其他寄生植物；②褐线：隐生植物、常见藻类（硅藻等）、鞭毛菌和其他褐色海藻；③绿线：裸藻类和管藻等、真蕨植物及维管植物起源、裸子植物及有花植物（Pearson，1995）。Iwatsuki K. & Raven P. H.（eds.）（1997）论述了原始陆生植物的起源和多样性、被子植物的起源和多样性、物种形成和多样性的作用机理（Iwatsukik and Raven，1997）。张宏达（1997）则论述了植物的特有现象及其成因，以及与多样性的关系（张宏达，1997）。

参考文献

李星学. 1995. 中国地质时期植物群. 广州：广东科技出版社

克里什托弗维奇. 1965. 古植物学. 北京：中国工业出版社

李亚美，夏德馨. 1985. 地史学. 北京：地质出版社

赵锡文. 1992. 古气候学概论. 北京：地质出版社

杨关秀. 1994. 古植物学. 北京：地质出版社

《张宏达文集》编辑组. 1995. 张宏达文集. 广州：中山大学出版社，19～41

张宏达. 1997. 植物的特有现象与生物多样性. 生态科学，16（2）：9～17

Meyen，S. V. 1987. Fundamentals of Palaeobotany. London & New York：Chapman & Hall，1～432

Ge Sun，D. L. Dilcher，Shaoling Zheng，Zhekun Zhou. 1998. In search of the first floe：a jurassic angiosperm，archaefructus，from Northeast China. Science，282：1692～1695

Hongqi Li，Baolin Tian，Edith L Taylor，Thomas N Taylor. 1994. Foliar anatomy of *Gigantonoclea guizhouensis* (Gigantopteridales) from the upper permian of Guizhou Province，China. American Journal of Botany，81（6）：678～689

Hongqi Li，Edith L Taylor，Thomas N Taylor. 1996. Permian vessel elements. Science，271：188～189

Ingrouille，M. 1992. Diversity and evolution of land plants. London：Chapman & Hall，1～340

Pearson，L. C. 1995. The diversity and evolution of plants. New York：CRC Press，1～646

Iwatsuki，K.，P. H. Raven (eds.). 1997. Evolution and diversification of land Plants. Tokyo：Springer－Verlag，1～330

CHANGES OF THE EARTH AND PALEOENVIRONMENT, ORIGIN AND EVOLUTION OF LAND PLANTS

Jin Jianhua

(School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275)

This paper summarily introduced geological characteristics in Precambrian, Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic Period, elaborated origin of land plants and its evolutionary process in this geohistory period, and their relationship with changes of the Earth and paleoenvironment. It has an important implication for the study on

the relationship of modern vegetation (including forest) with global change.
Key words: Change of the Earth, Paleoenvironment, Land plants

香港两栖类之多样性及其所面对危机

刘惠宁

（嘉道理农场暨植物园，香港特别行政区新界大埔林锦路）

摘要 香港共有23种两栖类，包括蝾螈科一种、锄足蟾科二种、蟾蜍科一种、蛙科十二种、树蛙科二种及姬蛙科五种。其中卢氏小树蛙 *Philautus romeri* 是香港的特有种，而香港瘰螈 *Paramesotriton hongkongensis*，短脚角蟾 *Megophrys brachykolos* 及香港湍蛙 *Amolops hongkongensis* 则局限于华南沿海一带。依据它们的繁殖生境特征，香港的两栖类可分成三组，第一组是在溪流繁殖的，共有七种；第二组有十三种，通常在空旷的静水产卵；剩下来三种的繁殖地在树林里的水洼或渗水坑。香港由于土地使用改变及都市发展，一些以往在稻田常见的蛙如尖舌浮蛙 *Occidozyga lima* 及台北蛙 *Rana taipehensis*，现今已变成稀有种了。随着市区发展向偏远地区伸延，就连只在人迹少见的离岛上居住的卢氏小树蛙也受兴建新机场的威胁，幸好饲养繁殖计划成效良好，迁地保育工作在八处地方进行，小树蛙在其中七处安顿下来，为这香港特有蛙的前途带来一线曙光。

关键词 香港 两栖类 多样性 威胁 迁地保育

1 引言

香港位处广东省沿岸，在北回归线以南320km，总面积1，076km²，除了与中国大陆相连的新界及九龙半岛外，还有大小岛屿百多个，其中最大的是大屿山（142km²）、香港岛（78km²）及南丫岛（13.5km²）。香港山多地少，最高峰在新界的大帽山（高934m），接着是大屿山的凤凰山（934m）及大东山（869m）。香港的气候受季风影响，夏天气温高及多雨（1961～1990年七月平均摄氏28.8℃及超过80%的降雨在四至九月），而冬天凉快及干旱（1961～1990年一月平均摄氏18.8℃），年平均总降雨量达2 214mm。多变的地貌形成很多不同的淡水湿地，配合温暖及雨量多的气候，使香港有丰富的两栖类。

香港的环境多年来备受人类影响，早在公元前4 000年已有人在香港聚居(Dudgeon & Corlett,1994)，原有的热带常绿阔叶林及半常绿阔叶林林在17世纪时已差不多完全砍伐掉(Dudgeon & Corlett,1994)，近年渔农署的植林计划及山林保护令大面积的次生林出现于山坡上。二次大战后香港人口急剧增长，市区发展由维多利亚港两岸最初伸延至香港岛及九龙的其他区域，及后更达至新界及一些离岛。水稻便在20世纪70年代停止种植，而耕地亦从1954年的12 338hm²(Wong，1986)减至1988年的5 848hm²(Town Planning Office,1988)，在此期间，大部分的低地河溪亦受污染或破坏，毫无疑问香港的两栖类生境亦受到很大的冲击。

在19世纪已有自然学家开始在香港搜集并记录两栖类，在20世纪后期也有一些业余人士、特别是卢文先生（Mr John Romer）做了很多工作，使对于香港两栖类的认识得以加深。但因缺乏详尽的调查，很难评定各种两栖类的状况。此报告根据在香港从1991至1996年进行的全港性两栖类调查，对香港的两栖动物多样性进行分析，并就其面对危机作出讨论。

2 香港的两栖类

刚完成的香港两栖类调查共录得23种，包括蝾螈科一种、锄足蟾科二种、蟾蜍科一种、蛙科十二种、树蛙科二种及姬蛙科五种（见表1）。其中香港的大头蛙 *Rana kuhlii* 纪录得到确认。香港大部份的两栖动物是热带或亚热带种，只有泽蛙 *Rana limnocharis* 与饰纹姬蛙 *Microhyla ornata* 广布于古北界及东洋界。香港瘰螈，短脚角蟾，香港湍蛙及卢氏小树蛙只在华南沿海一带找到（Zhao & Adler，1993），卢氏小树蛙更是香港的特有种（Frost，1985），并局限于四个海岛上。树蛙科的两种（卢氏小树蛙及斑腿泛树蛙 *Polypedates megacephalus*）均不是专门于树上营栖的，缺乏树栖种正好反映了香港的原生林在很久前已被砍伐净尽。

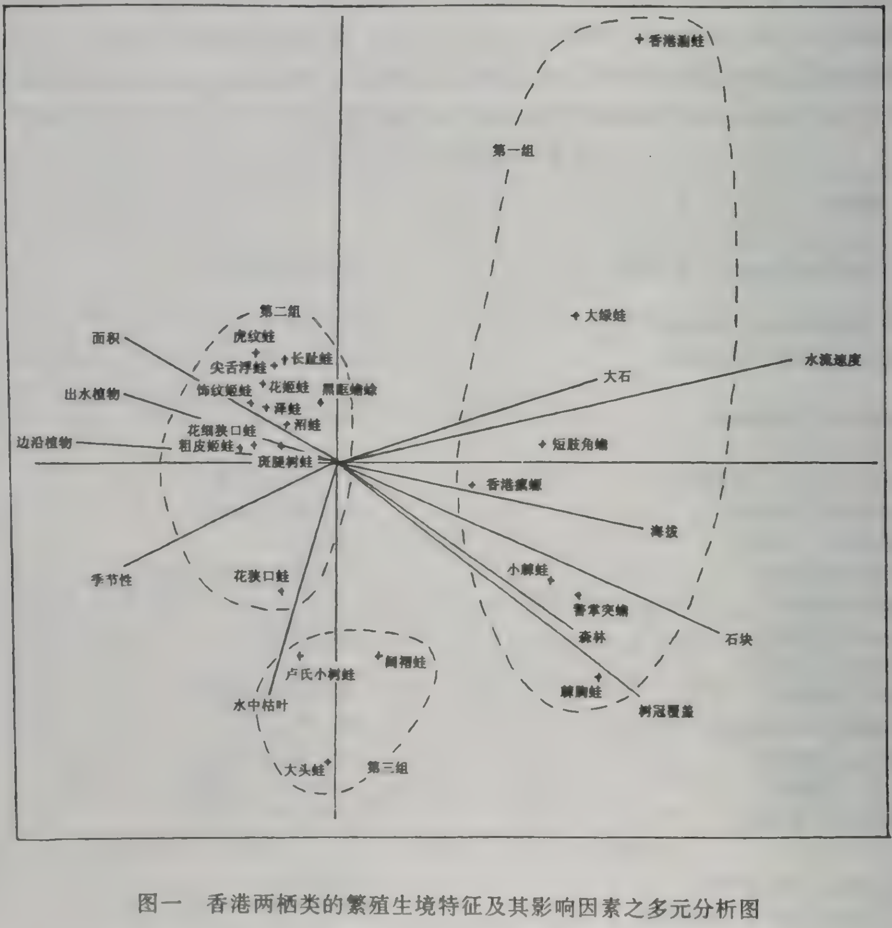
表1 香港的两栖类及其分布

物种	分布
蝾螈科	
Paramesotriton hongkongensis 香港瘰螈	广东沿海、香港
锄足蟾科	
Leptolalax pelodytoides 掌突蟾	南中国，东南亚
Megophrys brachykolos 短肢角蟾	香港、福建
蟾蜍科	
Bufo melanostictus 黑眶蟾蜍	亚洲东南部
蛙科	
Amolops hongkongensis 香港湍蛙	广东沿海、香港
Occidozyga lima 尖舌浮蛙	南中国，东南亚
Rana exilispinosa 小棘蛙	南中国
Rana guentheri 沼蛙	中国中南部，东南亚
Rana kuhlii 大头蛙	
Rana latouchii 阔褶蛙	中国中南部
Rana limnocharis 泽蛙	
Rana livida 大绿蛙	南中国，东南亚
Rana macrodactyla 长趾蛙	南中国，东南亚
Rana rugulosa 虎纹蛙	南中国，东南亚
Rana spinosa 棘胸蛙	中国中南部，越南
Rana taipehensis 台北蛙	亚洲东南部
树蛙科	
Philautus romeri 卢氏小树蛙	香港
Polypedates megacephalus 斑腿树蛙	中国中南部，印度
姬蛙科	
Kalophrynus interlineatus 红细狭口蛙	南中国，东南亚
Kaloula pulchra 花狭口蛙	南中国，东南亚
Microhyla butleri 粗皮姬蛙	中国中南部，东南亚
Microhyla ornata 饰纹姬蛙	广布亚洲
Microhyla pulchra 花姬蛙	中国中南部，泰国

广东省面积超过180 000km^2，两栖动物有51种（潘炯华等，1985；Zhao & Adler，1993；

黎振昌和潘炯华，1995；Fellowes，1997，Lau，1997），海南省面积34 000km²，有38种两栖动物（刘承钊等，1973；Zhao & Adler，1993）。这些数字在某一程度上反影较多的野外工作在香港进行，无容致疑，香港虽然长期受人类活动影响，但还有丰富的两栖动物。

用多元分析来研究香港两栖类的繁殖生境特征及其影响因素，可将环境因素相互之间的关系影响减除（Tumlison *et al.*，1990），而得出的分析图可反影真实关系（Gauch，1982），结果是水流速度对两栖类繁殖最为重要（见图一），它将在溪流繁殖的物种（共七种）归立在一起，这一组再分成在瀑布产卵的香港湍蛙，在急流的大绿蛙 *Rana livida*，及在缓水池繁殖的（如香港瘰螈及小棘蛙 *Rana exilispinosa*）。第二组（共十三种）是在低地的空旷静水里繁殖，它们更可细分为在水池（如泽蛙）及沼泽（如长趾蛙 *Rana macrodactyla*）里产卵的。最后一组（三种）由森林蛙类组成，它们大多在树林里的水洼或渗水坑里繁殖。



图一　香港两栖类的繁殖生境特征及其影响因素之多元分析图

3　香港两栖类面对危机及保护状况

虽然在20世纪80年代起在世界很多地方都有两栖类种群无故大幅减少甚至完全消失的报告（Baringa，1990；Phillips，1990；Wake，1991；Griffiths & Beebee，1992；Blaustei & Wake，1995），这次在香港进行的研究却没有发现这个现象，但受调查的828个两栖类繁殖地

中有 67 个受到破坏，当中绝大部份是低地的静水池或沼泽，亦即是最多本地两栖类（第二组）使用的繁殖场。虽然这一组的两栖类区域性分布广，但在香港由于土地使用改变及都市发展，一些以往在稻田常见的蛙如尖舌浮蛙及台北蛙，现今已变成稀有种了。现时香港的野生动物保护条例里，只有全球少见的香港瘰螈、香港湍蛙及卢氏小树蛙，并没有将这些在香港日益受到威胁的低地蛙种包括在内，为防止这些低地种在香港消失，除了应将它们加进保护法规内，还要保护它们的繁殖场及觅食生境，免受人为的影响或破坏。

随着市区发展向偏远地区伸延，就连只在人迹少见的离岛上居住的卢氏小树蛙也受兴建新机场的威胁，为保存这特有种的遗传多样性，香港赛马会慈善公司资助了香港大学对赤立角的卢氏小树蛙展开了拯救工作。在香港及澳大利亚墨尔本动物园进行的饲养繁殖计划成效良好，从赤立角所捕捉的 230 只树蛙仅在香港的实验室内便产了 188 窝卵，而数百只树蛙亦从墨尔本动物园运回香港。经过详细的生态研究，得知卢氏小树蛙是在静止或缓慢的水体中繁殖，其他时间则在树林底的枯叶堆中生活。根据它的生态习性，在香港岛及新界拣选了八处拥有合适生境但未有卢氏小树蛙分布的地方进行迁地保育工作，总共放了 1 170 只树蛙及 1 622尾蝌蚪到这八处地方，经过六年时间，卢氏小树蛙在其中七处安顿下来并繁殖，为这香港特有蛙的前途带来一线曙光。

参考文献

黎振昌，潘炯华.1995. 广东省两栖动物区系与地理区划. 蛇蛙研究丛书，8：125～130

刘承钊，胡淑琴，费梁，黄祝坚.1973. 海南岛两栖动物调查报告. 动物学报，19：385～404

潘炯华，刘成汉，钱维光.1985. 广东省大陆两栖类的调查及区系研究. 两栖爬行动物学报，4：200～208

Baringa, M. 1990. Where have all the froggies gone? Science, 247: 1033～1034

Blaustein, A.R. & D.B. Wake. 1995. The puzzle of declining amphibian populations. Scientific American, 272 (4): 56～61

Dudgeon, D. & R.T. Corlett. 1994. Hills and Streams. Hong Kong: Hong Kong University Press

Fellowes, J. 1997. South China survey: herpetological findings. Porcupine, 16: 17

Frost, D.R. (ed.). 1985. Amphibian Species of the World: a Taxonomic and Geographic Reference. Lawrence (Kansas): Association of Systematic Collections

Gauch, H.G., Jr. 1982. Noise reduction by eigenvector ordinations. Ecology, 63: 1643～1649

Griffiths, R. & T. Beebee. 1992. Decline and fall of the amphibians. New Scientists, 1827: 25～29

Lau, M. 1997. Occurrence of Hong Kong Cascade Frog (*Amolops hongkongensis*) in Guangdong Province, China. Porcupine, 16: 15

Phillips, K. 1990. Where have all the frogs and toads gone? BioScience, 11: 422～424

Town Planning Office. 1988. Land Utilization in Hong Kong. Map LUM/HK/75. Hong Kong: Hong Kong Government, Hong Kong

Tumlison, R., G.R. Cline & P. Zwank. 1990. Surface habitat associations of the Oklahoma salamander (*Eurycea tynerensis*). Herpetologica, 46: 169～175

Wake, D.B. 1991. Decling amphibian populations. Science, 253: 860

Wong, C.T. 1986. Land use in agriculture. In: Chiu, T.N. & C.L. So (eds.). A Geography of Hong Kong. Hong Kong: Oxford University Press, 185～206

Zhao, E.-M. & K. Adler. 1993. Herpetology of China. Oxford (Ohio): Society for the Study of Amphib-

DIVERSITY OF HONG KONG AMPHIBIANS AND THE THREATS THEY FACE

Lau Wai Neng, Michael
(Kadoorie Farm and Botanic Garden, Lam Kam Road, Tai Po, New Territories, Hong Kong Special Administrative Region)

Hong Kong has 23 species of amphibians. They are represented by the families Salamandridae (1 species), Pelobatidae (2 species), Bufonidae (1 species), Ranidae (12 species), Rhacophoridae (2 species) and Microhylidae (5 species). *Paramesotriton hongkongensis*, *Megophrys brachykolos*, *Amolops hongkongensis* and *Philautus romeri* occur only in the coastal region of South China. Three amphibian groups could be identified based on their breeding habitats using canonical correspondence analysis of the species distribution and the environmental variables. The first was the hill stream group which contained seven species. The second group comprised 13 low land lentic species. The last group consisted of three species that usually bred in shaded water bodies in forests. Due to change in land use and rapid urban development, some species that were commonly found in rice paddies in the past (*Occidozyga lima* and *Rana taipehensis*) have declined drastically. With the spread of urbanization to remote areas, and the construction of the new Hong Kong airport, the Chek Lap Kok Island population of *Philautus romeri* was threatened. Captive breeding programme was successful and both wild-caught and captive-bred *Philautus romeri* frogs and tadpoles were translocated to eight sites. Regular monitoring in the past six years indicated that the species survived and bred in seven of the sites.

Key words: Hong Kong, Amphibians diversity, Threats, Translocation

中国姜科植物的多样性和保育

刘　念

（中国科学院华南植物研究所，广州 510650）

摘要　姜科植物是一个泛热带分布科，约 1 500 种，隶属 2 亚科 4 族 52 属，现代分布中心为热带亚洲。中国约 21 属 210 种，分布从西南部向东南部渐次减少。本科植物是一个资源植物宝库，多数种类可供药用、食用、观赏、调味品及制作香料和染料等。姜科植物能为人类提供如此多方面的资源植物，与其生物学和生态学的多样性密切相关。文章讨论了该科植物在生态特性、生长习性、形态特性、繁殖特性、花粉以及染色体等方面的多样性。文章认为人为破坏导致森林植被破坏以及过度采挖野生资源是造成姜科植物多样性下降的主要因素。姜科植物的保育要把就地保育和迁地保育相结合，影响迁地保育的主要因子是温度和水分。文章最后提出了几条引种姜科植物的经验。

关键词　姜科　多样性　保育　中国

姜科（Zingiberaceae）植物全球约 1 500 种，分为 2 个亚科 4 族 52 属，主要分布于旧世界热带地区，尤其是热带亚州，少数分布于新世界热带地区和亚州亚热带地区。中国约有 210 种，隶属 21 属，主要分布于西南部，其次是东南部。

姜科植物中包括有许多著名的药材，如砂仁（*Amomum villosum*）、草果（*A. tsao-ko*）、益智（*Alpinia oxyphylla*）、高良姜（*A. galanga*）、草豆蔻（*A. katsumada*）、姜黄（*Curcuma longa*）、郁金（*C. aromatica*）、莪术（*C. phaeocaulis*）、姜（*Zingiber officinale*）等等，为驱风、健胃、化瘀、止痛类药；不少种类还可作纤维植物、染料、香料、蔬菜；更有不少种类可作为美丽的观赏植物。姜科植物不愧是一个植物资源宝库。

姜科植物中不少种类是热带地区原生植被里常见的，甚至是优势的林下草本植物，如草豆蔻；有些则是特殊生境中的优势植物，如分布在石灰岩地区的毛姜花（*Hedychium villosum*）；它们在维持森林生态系统稳定性中有着重要作用。但由于原生植被的日益缩小和被破坏，许多姜科植物的生存已受到威胁，有些种类已处于濒危状态，被列入国家红皮书的种类就有茴香砂仁（*Etlingera yunnanensis*）、拟豆蔻（*Paramomun petaloideum*）、长果姜（*Siliquamonum tonkinense*）等 5 种，个别种类很可能已在原生地消失，如细莪术（*Curcuma exigua*）。因此，本文试图从姜科植物多样性的角度，结合笔者多年从事姜科植物迁地保育的经验，提出一些姜科植物多样性的保育措施。

1 生态特性多样性

姜科植物的分布，无论是纬度或是海拔高度的跨度都很大，在其分布区内具丰富的生态环境多样性，因此造就了姜科植物生态特牲的多样性。整体而言，姜科植物为喜暖喜湿之植物，适宜生长于温暖湿润的气候中。温度和水分是制约其分布的主导因子。但不少姜科种类能生长于多种不同的生态环境中，如象牙参属（*Roscoea*）所有种类均生长于海拔 1 800～4 000 m 的高山上，直唇姜（*Pommereschea lackneri*）、毛姜花、光叶假益智（*Alpinia guangdongensis*）等分布在石灰岩上，黄花大苞姜（*Caulokaempferia coenobialis*）生长在潮湿的石壁上，喙花姜（*Rhynchanthus beesianus*）附生于树干上或石头上，水山姜（*Alpinnia aquatica*）则生于河边湿地上甚至浅水里，姜黄属（*Curcuma*）多数种类喜生于荒地草坡上向阳处；有些种类既可生长于阴暗潮湿处，也可生长在阳光灿烂处，如高良姜。

2 形态多样性

生态环境的多样性，必然导致形态特征发生一系列变化，呈现出丰富的多样性，其中部分特征对研究姜科植物的演化和分类有着重要的意义。

2.1 花序

在姜科植物中，原始的花序着生类型应是顶生类型，如闭鞘姜亚科、姜花族、舞花族和山姜族的多数种类。而进化的类型应是侧生类型，如姜族和姜黄属的部分种类。有 2 条理由可资佐证，一是姜科植物中地上假茎木质化程度较高的类群均具顶生花序，如闭鞘姜属（*Costus*）、山姜属；二是姜黄属中 2 倍体种类均是顶生类型花序，如细莪术。姜科植物的花序着生类型除上述 2 种外，还有一种介于两者之间的类型，即从假茎中部穿鞘而出的类型，如偏穗姜属（*Plagiostachys*）植物都具此类型花序。但个别种类在同一时期兼具顶生和侧生花序，或春季具侧生花序而在秋季具顶生花序，前者如红柄姜（*Zingiber roseum*），后者如广西莪术（*Curcuma kwangsiensis*）。

从花序的结构类型来看，姜科植物的多数种类具穗状花序；但也有具总状花序的，如长果姜属；亦有具圆锥花序的，如山姜属；还有个别种类具头状花序，如山奈属（*Kaempferia*）的一些种类。

2.2 花

姜科植物的花两性，两侧对称，具苞片；花被片 6 枚，2 轮，外轮为花萼，通常合生，内轮为花冠，基部合生成管，上部具 3 裂片，通常位于后方的一枚裂片较大；发育雄蕊 1 枚，花药 2 室，具药隔附属体或无，退化雄蕊 2 或 4 枚，外轮的 2 枚称侧生退化雄蕊，呈花瓣状、齿状或不存在，内轮的 2 枚联合成一唇瓣，常十分显著和美丽；子房下位，3 室，中轴胎座，或 1 室，侧膜胎座；胚珠多数，倒生或弯生；子房顶部有 2 枚形状各式的蜜腺或无蜜腺而代之以陷入子房的隔膜腺。花的形态特征是区分姜科植物类群的最重要特征。特别是退化雄蕊的数目、形状、大小、有无；药隔附属体的有无；子房的室数和胎座形式；蜜腺的形状、有无；胚珠的着生方式等（Burtt & Smith，1972；Schumann，1904；Smith，1981；吴德邻，1981）。如侧生退化雄蕊大而花瓣状的类群有姜花族和舞花姜族，侧生退化雄蕊小或缺的类群有姜族和

山姜族、闭鞘姜亚科；花药基部有距的类群有象牙参属、姜黄属等，花药基部无距的类群有姜花族、山姜族、姜族、闭鞘姜亚科，1室、侧膜胎座的类群有舞花姜族。

侧生退化雄蕊从花瓣状到钻状到缺如，雄蕊以1枚到半枚而呈花瓣状，唇瓣从不显著到显著的演变式样似乎反映了姜科植物的系统发育式样。

形态各异、色泽鲜艳的唇瓣和分泌蜜汁及芳香气味的腺体足以使姜科植物在阴蔽处能吸引到授粉者。

2.3 叶

姜科植物的叶可分为2列排列和螺旋状排列两大类，此特征非常稳定，与植物体有无芳香味一道构成区分亚科的最重要特征(Burtt & Smith，1972；Schumann，1904；Smith，1981；吴德邻，1981)。即姜亚科类群的叶均为二列排列，植物体有芳香味，而闭鞘姜亚科类群的叶均为螺旋状排列，植物体无芳香味。有些学者还据此和雄蕊半个且呈花瓣状的特征而把闭鞘姜亚科独立为科（Cronquist，1981）。

2.4 植株

姜科植物中有纤小柔弱，高仅20cm左右的黄花大苞姜、土田七（*Stahlianthus involucratus*），也有高达3m以上的闭鞘姜属，大豆蔻属（*Hornstedtia*），山姜属的一些种类。姜科植物多数种类具发达且肉质性的根茎，但也有根茎不发达而代之以根粗壮、肉质发达的类群，如大苞姜属、象牙参属、距药姜属、直唇姜属的种类。有些种类除了肉质性的根茎外，还有肉质性的块根，如姜黄属和山柰属的大多数种类及姜属的部分种类。这些根茎和块根为人类提供了食用和药用来源。姜科植物多数种类的植株呈丛生状态，但也有少数种类呈散生，如茴香砂仁属（*Etlingera*）和砂仁属的大多数种类等。根茎与假茎（地上茎）相交是平衡或是垂直，植株是丛生或是散生也是姜科植物分类的一种依据（Smith，1981），如姜花属和喙花姜属的根茎与假茎为平衡相交、山姜属种类多数呈丛生而砂仁属则多数呈散生等等。

2.5 果

姜科植物的果实均为蒴果，多数为室背开裂或不规则开裂，少数为肉质不开裂而呈浆果状。形状有球形、圆柱形、棒形、卵形或椭圆形等。大小从不足一cm(如小花山姜 *Alpinia brevia*、短柄直唇姜 *Pommereschea spectabilis* 等）到长达13cm（如长果姜 *Siliquamomum tonkinense*）不等，但多数种类为2～5cm。

2.6 花粉

姜科植物的花粉粒多数为球形、椭圆球形，少数为长球形。直径为36～225um。姜亚科种类的花粉壁属于薄壁型，无萌发孔，而闭鞘姜亚科的种类其花粉壁属厚壁型，具螺旋形或散孔型萌发孔（梁元薇，1988)。

2.7 染色体

姜科植物的染色体基数X＝8～25(但多为9～18，少为7或8)。大多数种类为二倍体，个别为三倍体（如郁金 *Curcuma aromatica*）或四倍体（如广西莪术 *C. kwangsiensis*）（Chen Zhongyi and Chen Senjen，1987）。

3 生长习性

姜科植物均为多年生草本。多数种类为宿根多年生，即冬季时地上部分枯萎，如姜花属、

姜黄属、姜属、凹唇姜属、山柰属、象牙参属等等；部分种类为常绿多年生，如山姜属、豆蔻属、大豆蔻属、茴香砂仁属以及闭鞘姜亚科的种类。往往是宿根多年生的类群适应性强，分布较广，如分布在石灰岩、高纬度、高海拔等特殊生境的类群都有这种生长习性。

4 繁殖特性

姜科植物大多数种类为有性繁殖和无性繁殖并重。无性繁殖中除以根茎繁殖为主外，个别种类还兼有珠芽繁殖，如毛舞花姜（*Globba barthei*）。有些姜科植物仅有无性繁殖，如姜黄属的多数种类。这些繁殖特性使得姜科植物不但能在阴暗潮湿的森林环境下能繁衍后代，而且能在多种特殊生境下繁衍后代，呈现出生态特性的多样性。

5 保育

我国早在20世纪70年代早期就在华南植物园建立了姜科植物种质保存园，开始了姜科植物的保育研究工作。20多年来，先后从国内外（主要是国内）引种了23属129种、3变种、3变型，现存活18属102种、2变种、2变型，且大部分生长良好。这一活植物基因库的建成，有力地促进了我国学者对姜科植物的迁地保护、资源开发利用、分类学、细胞学、花粉学、同工酶、DNA、植物化学等多学科开展深入研究并取得了丰硕成果。围绕着姜科（现延伸到姜目）的各方面研究，本文作者及导师吴德邻等人申请到国家基金项目3个、中国科学院项目3个和广东省科委项目1个，便是很好的说明。

要对姜科植物多样性进行保育，就地保护和迁地保护必须同时进行。对那些分布区狭窄或分布在特殊生境的种类，以就地保护为最佳途径，如西双版纳植物园和我们华南植物园的姜园多次对生长在石灰岩上的直唇姜和附生在树干上或石上的喙花姜进行迁地保护，均未获成功，我们也多次对生长在湿润石壁上的黄花大苞姜进行过多次迁地保护，也未能成功。绝大多数姜科植物具发达的根茎，有性和无性繁殖能力都很强，只要生态环境不再恶化，合理开发利用，可以说无濒危之虑。然而可惜的是环境还在不断恶化，人们仍然掠夺式地在开采资源，一些姜科种类已处于或正走向濒危状态，如细莪术原分布在四川省米易县的农田田埂、沟边及低丘荒地上，现已难觅踪迹，该种为国产姜黄属中唯一的二倍体植物（全世界70余种姜黄属中也仅有4种为二倍体），对于研究姜黄属非常重要；又如分布于滇东南的长果姜，由于森林的毁坏，失去荫蔽潮湿环境，现亦难见踪迹；再如长柄山姜在广东西部原有较大面积的分布，由于近年人们发现其纤维优质，可用于编织制品供出口，便大量开采，现已基本绝迹，且亦已波及广西。诸如此类，说明进行迁地保护是非常必要的。根据笔者多年经验，要想取得姜科植物迁地保护的成功，有几条经验可供参考：①区系成分上以旧世界热带分布和热带亚州分布易成功。②从生态因子上以气候相似的易成功。③从生态习性上以宿根多年生的易成功。④迁移时间上以处于休眠时的易成功。⑤迁移后能模拟原生境的易成功。（详细依据另文发表）

参考文献

吴德邻，陈升振．1981．中国植物志．北京：科学出版社

梁元薇．中国姜科植物花粉形态研究——花粉类型与该科植物分类．植物分类学报，26（4）：265～281

Burtt, B. L. & R. M. Smith. 1972. General introduction to papers on Zingiberaceae. Not. Bot. Gard. Edinb, 31: 155～228

Chen Zhongyi and Chen Senjen. 1987. The Taxonomic Significance of Chromosome Numbers in Zingiberaceae. In: Hao Shui (ed.). Plant Chromosome Research. Beijing

Cronquist, Arthur. 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. New York: Columbia University. 1177～1183

Schumann, K. 1904. Zingiberaceae. Engl. Pflanzenreich, 20 (IV. 46)

Smith, R. M. 1981. Zingiberaceae. Royal Botanic Garden Edinbergh, 1～28

DIVERSITY AND CONSERVATION OF ZINGIBERACEAE IN CHINA

Liu Nian

(South China Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650)

Zingiberaceae is a pantropical family, comprising 2 subfamilies, 4 tribes, about 1 500 species. They occur mainly in the tropics of the old world with some representatives in the new world tropics and subtropical Asia. Twenty one genera and about 210 species in China distribute mainly from Southwest to Southeast. Most of them are in Southwest in China. Members of the family yield spices, dyes, perfumes, medicines and a number or ornamental species are cultivated for their showy flowers. The diversities of ecology, morphology, propagate, chromosome numbers, pollen *etc.* of Chinese Zingiberaeae are discussed in this paper. The factors that endanger the biodiversity of Chinese Zingiberaceae are habitat loss and excessive exploitation. In conservation, *in situ* conservation and *ex situ* conservation are the same importance. The main factors effecting *ex situ* conservation are temperature and water.

Key words: Zingiberaceae, Diversity, Conservation, China

新疆天山葱属野生植物多样性的研究

陆峻峮　白玉亭　马　盾　刘志勇

(新疆农业科学院农作物品种资源研究所，乌鲁木齐 830091)

摘要　1996～1998 年，通过对新疆境内天山山脉葱属野生植物的考察收集，结合查阅有关单位的标本，发现境内天山山脉有葱属野生植物 5 组 40 种，种的数量占全国葱属野生种的 41.6%，其中 27 种在国内仅分布于新疆，15 种仅分布于天山山脉。可见，新疆天山山脉是我国葱属野生植物的一个多样性中心。研究表明，新疆天山葱属野生植物在物种、生长环境、植物学特征和生物学特性等方面表现出丰富的多样性；蒙古韭、碱韭、野韭、山韭和实葶葱可作为野生蔬菜，棱叶韭、小山蒜、头花韭和类北葱可作为中药，棱叶韭、小山蒜和宽苞韭可作为花卉，有开发利用价值。

关键词　新疆天山山脉　葱属野生种　多样性　利用

天山山脉是葱属（*Allium* L.）植物的主要分布区之一（Kotlinska *et al.*，1990），它横跨中国、吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦、乌孜别克斯坦、塔吉克斯坦等 5 个国家，是亚洲最大的山系之一。整个山脉大致呈东西方向排列，东西长约 2 500km，南北宽在 250～400km 之间。中吉与中哈国界线将其分成东西两段，东部天山在我国新疆中部，长约 1 700km；西部天山长约 800km，绝大部分山体在吉尔吉斯斯坦境内，只有一小部分在哈萨克斯坦、乌孜别克斯坦、塔吉克斯坦三国境内。根据山形及构造带在地貌上的表现，新疆境内的天山山脉分为北天山、中天山及其山间盆地、南天山 3 部分。北天山西起中哈边境（温泉），东到伊吾一带，东西延伸达 1 300km 以上。南天山沿塔里木盆地边缘延伸，大致呈向北突出的弧形，西起中吉边境（阿合奇、阿图什），东抵库尔勒附近，长在 800km 以上。中天山及其山间盆地介于南北天山之间，西起中哈边境（霍城、察布查尔、昭苏），东到哈密，东西长在 1 000km 以上。

新疆沿天山一带的居民一直有食用葱属野生植物的习惯，1996～1998 年，我们考察了新疆天山山脉葱属野生植物，并采集活体植株移栽于实验地进行观察研究。研究发现天山山脉葱属野生植物在物种、生长环境、植物学特征和生物学特性等方面具有丰富的多样性，且不少种类可作为蔬菜、花卉、中药，具有开发利用价值。现将研究结果报道如下。

1　新疆天山葱属的物种多样性

3 年的考察，收集到葱属野生植物 4 组 30 种。与此同时，我们先后查阅了中国科学院植物研究所、西北植物研究所和新疆生态与地理研究所以及新疆农业大学等单位植物标本馆的葱属标本，根据《中国植物志》（许介眉，1980）记载，初步查明新疆天山山脉有葱属野生植物 5 组 40 种，即根茎组（Sect. *Rhiziridium* G. Don）28 种、葱组（Sect. *Schoenoprasum*

G. Don）3 种、洋葱组（Sect. *Cepa* Prokh.）1 种、单生组（Sect. *Haplostemon* Boiss.）5 种、多籽组（Sect. *Molium* G. Don）3 种。种的数量占全国葱属野生种的 41.6%，其中天山韭（*A. tianschanicum* Rupr.）和岩石韭（*A. petraeum* Kar. et Kir.）是《中国植物志》上没有记载的种类。在这 40 个种中，有 27 种是国内仅分布于新疆的，15 种是国内仅分布于天山山脉的。由此可看出，新疆天山山脉是我国葱属野生植物的一个多样性中心（分布中心）。

新疆天山山脉葱属植物在整个山脉的分布极不均衡，北天山和中天山及其山间盆地种类较多，分别为 25 种和 28 种；南天山种类较少，只有 7 种。若以乌鲁木齐为界，将新疆境内天山山脉分为东西两段，在查明的 40 种中，乌鲁木齐以西的山体内有 38 种，乌鲁木齐以东的山体内只有 13 种。位于新疆天山山脉西部的伊犁地区（即北天山的科古琴山和博罗霍洛山以南，中天山的哈尔克他乌山和那拉提山以北的区域）有霍城、察布查尔、伊宁、尼勒尔、新源、巩留、特克斯和昭苏等 8 个县，但该地区却有葱属野生种 22 种，国内仅分布于新疆的 27 种中有 18 种分布于该地区，仅分布于天山山脉的 15 个种中有 10 个种分布于该地区。因此可以说，伊犁地区又是新疆天山山脉葱属野生种的多样性中心。

以上分析表明，新疆天山葱属野生植物在全国葱属野生植物中占有特殊的地位，加强对新疆天山葱属野生植物的收集研究，对丰富我国的葱属资源有特殊的意义。（新疆天山葱属野生植物的种名见表 1）。

表 1 新疆天山葱属（*Allium* L.）野生植物的种类、产地及生长环境

序号	种 名	产 地	生长环境	海拔（m）	备注
1.	*A. teretifolium* Regel 西疆韭	霍城、伊宁、特克斯、昭苏、新源、巩留	真草原、草甸草原、山地灌丛	1 200～2 150	国内仅分布于天山
2.	*A. korolkowii* Regel 褐皮韭	察布查尔，特克斯，昭苏	真草原，亚高山草甸	1 430～2 910	国内仅分布于天山
3.	*A. deserticolum* M. Pop 荒漠韭	特克斯，昭苏，新源，尼勒克	荒漠草原，真草原，草甸草原	1 270～2 200	国内仅分布于天山
4.	*A. przewalskianum* Regel 青甘韭	乌鲁木齐，和静	山地灌丛，荒漠草原	2 000～3 600	
5.	*A. lineare* L. 北韭	乌鲁木齐，巴里坤	荒漠草原，真草原	1 800～2 400	国内仅分布于新疆
6.	*A. strictum* Schrader 辉韭	温泉，乌鲁木齐，阜康	云杉林下，山地草甸	1 500～2 500	
7.	*A. oreoprasum* Schrenk 滩地韭	阿合奇，温宿，库车，巴仑台	半灌木荒漠，小半灌木荒漠，真草原，寒生草原，盐化草甸	1 650～2 650	
8.	*A. ramosum* L. 野韭	精河，温泉，察布查尔，特克斯，尼勒克，乌苏，和静	荒漠草原，真草原，灌丛	1 350～2 710	
9.	*A. polyrhizum* Turcz ex Regel. 碱韭	乌鲁木齐，木垒，巴里坤，伊吾，哈密	荒漠草原，真草原	1 640～2 130	
10	*A. mongolium* Regel 蒙古韭	木垒，巴里坤，奇台	荒漠草原	1 310～1 800	
11	*A. caespitosum* sierv. ex Bong. et Mery. 疏生韭	博乐	荒漠草原		国内仅分布于新疆

（续）

序号	种　名	产　地	生长环境	海拔（m）	备注
12	*A. bidentatum* Fish. ex Prokh. 砂韭	木垒，巴里坤，伊吾	真草原	1 000～2 000	
13	*A. senescens* L. 山韭	哈密，吐鲁番，特克斯，昭苏，巩留，伊宁	真草原	2 030 以下	
14	*A. nutans* L. 齿丝山韭	乌鲁木齐	真草原	1 500	国内仅分布于新疆
15	*A. platyspathum* Shrenk 宽苞韭	昭苏，新源，巴音布鲁克，巩乃斯	亚高山草甸，高山草甸	2 000～2 850	
16	*A. carolinianum* DC. 镰叶韭	乌鲁木齐，哈密，奇台，库车	砾石山坡，真草原	2 000～3 000	
17	*A. obiquum* L. 高葶韭	奇台，乌鲁木齐，昭苏，伊宁	真草原，草甸草原，亚高山草甸	1 200～2 000	国内仅分布于新疆
18	*A. hymenorrhizum* Ledeb. 北疆韭	奇台，温宿，乌鲁木齐，昭苏，特克斯	亚高山草甸	2 000～2 350	国内仅分布于新疆
19	*A. kaschianum* Regel 草地韭	昭苏，新源，巩乃斯，尼勒克	亚高山草甸	2 000～2 800	国内仅分布于天山
20	*A. setifolium* Ledeb.	尼勒克，伊宁，特克斯	荒漠草原，真草原	1 300～2 100	国内仅分布于新疆
21	*A. subtilissimum* Ledeb. 蜜囊韭	巴里坤，伊吾，哈密，木垒，乌苏	荒漠草原，真草原	1 400～2 300	国内仅分布于天山
22	*A. caricoides* Regel 石生韭	巴音布鲁克，阿合奇	寒生草原、锦鸡儿灌丛	2 500～2 800	国内仅分布于天山
23	*A. longistylum* Baker 长柱韭	昭苏	山地灌丛	2080	
24	*A. globosum* M. Bieb. 长喙韭	霍城，尼勒克，新源，阜康，木垒，乌鲁木齐，库车	真草原，草甸草原，山地灌丛	1 100～2 100	国内仅分布于新疆
25	*A. weschniakowii* Regel 坛丝韭	温泉，博乐	真草原	1 500～2 100	国内仅分布于天山
26	*A. semenovii* Regel 管丝韭	巩乃斯，新源，尼勒克，昭苏，特克斯，乌鲁木齐	亚高山草甸，高山草甸	2 600～3 400	国内仅分布于天山
27	*A. petraeum* Kar. ex Kir. 岩石韭	察布查尔，特克斯，霍城	真草原，草甸草原	1 400～2 910	国内仅分布于天山
28	*A. tianschanicum* Rupr. 天山韭	精河，温泉	荒漠草原，真草原，草甸草原	1 400～2 200	国内仅分布于天山
29	*A. atrosanguineum* Kar. et Kir. 蓝苞葱	巩乃斯，巴音布鲁克，特克斯，昭苏，新源，乌鲁木齐	亚高山草甸，高山草甸	2 100～3 000	国内仅分布于天山
30	*A. schoenoprasum* L. 北葱	乌鲁木齐，奇台，伊宁，特克斯，昭苏，新源，巩留	山地草甸，亚高山草甸	1 200～2 500	国内仅分布于新疆
31	*A. altaicum* Pall. 阿尔泰葱	巴里坤	山地草原		

（续）

序号	种名	产地	生长环境	海拔（m）	备注
32	*A. galanthum* Kar. et Kir. 实葶葱	精河，沙湾，乌苏，玛纳斯	荒漠草原	500～1 650	国内仅分布于新疆
33	*A. grisellum* J. M. Xu 灰皮葱	托克逊	沼泽地	300	国内仅分布于天山
34	*A. glomeratum* Prokh. 头花韭	巴音布鲁克，阿合奇，温宿库车，巴仑台，乌鲁木齐	真草原，草甸草原，寒生草原	1 900～3 000	国内仅分布于新疆
35	*A. pallasii* Murr. 小山蒜	特克斯，尼克，木垒，库车，新源，昭苏，乌鲁木齐	荒漠草原，真草原，草甸草原	900～2 300	国内仅分布于新疆
36	*A. caeruleum* Pall. 棱叶韭	察布查尔，特克斯，昭苏，尼勒克，新源，木垒，阜康	真草原，草甸草原，亚高山草甸，山地灌丛	1 140～2 950	国内仅分布于新疆
37	*A. schoenoprasoides* Regel 类北葱	新源，昭苏，特克斯，巩留，巴仑台，库车，乌鲁木齐	亚高山草甸，高山草甸，寒生草原	3 000 以下	国内仅分布于天山
38	*A. sinkiangense* Wang et. Y. C. Tang 新疆蒜	霍城	云杉林下	1 300～1 500	国内仅分布于天山
39	*A. decipiens* Fisch. ex Roem. et Schult. 星花蒜	特克斯，昭苏	砾石山坡（荒漠草原）		国内仅分布于新疆
40	*A. fetisovii* Regel 多籽蒜	新源，巩留	山麓荒地		国内仅分布于天山

注：1～28 为根茎组（Sect. *Rhizirdium* G. Don），29～31 为葱组（Sect. *Schoenoprasum* G. Don），32 为洋葱组（Sect. *Cepa* Prokh.），33～37 为单生组（Sect. *Haplostemon* Boiss.），38～40 为多籽组（Sect. *Molium* G. Don）

2 新疆天山葱属野生植物生长环境的多样性

3 年的考察，我们发现新疆天山山脉的葱属野生植物生长环境也是多种多样的，它们生长于半灌木荒漠、小半灌木荒漠、荒漠草原、真草原、草甸草原、寒生草原、山地（中山）草甸、亚高山草甸、高山草甸、盐化草甸、沼泽、山地落叶阔叶灌丛、针叶林（云杉林）等多种植被类型下，从海拔 300～3 600m 均有分布。有些种还是荒漠草原和亚高山草甸的建群种，如碱韭是北天山赛里木湖以东山间谷地荒漠草原（海拔 1 300～1 400m）的建群种，蒙古韭是北天山大石头一带荒漠草原（海拔 1 300～1 400m）建群种，管丝韭是中山天巩乃斯艾肯达板一带亚高山草甸（海拔 2 700～2 900m）的建群种，以它们为建群种的荒漠草原和亚高山草甸分布区范围均不大。其余的种类在它们生长的各种植被类型中则是伴生种。40 个种的生长环境见附表。

3 新疆天山葱属野生种植物学特征和生物学特性的多样性

通过野外调查研究和田间种植观察，发现天山葱属野生植物在植物学特征和生物学特性上表现出丰富的多样性。植物学特征的多样性表现在以下几个方面：①鳞茎着生方式有单生、两枚聚生、数枚聚生、丛生、簇生；②鳞茎形状有圆柱状、狭卵状、卵状、球状；③鳞茎外

皮质地有膜质、革质、纤维质；④叶的形状有半圆柱状、近圆柱状、圆柱状、毛发状、狭条形、宽条形、三棱状条形，圆柱状的又有实心和空心；⑤花葶高度从10～100cm不等；⑥伞形花序有束状、扇形、半球形、球球；⑦小花数目有少数至密集；⑧花被片颜色有白色、黄色、黄绿色、淡红色、紫红色、紫蓝色、蓝色；⑨小花梗有短于、等长于花被版1至数倍；⑩花丝有长于、短于、等长于花被片；⑪总苞有近无喙，具短于、等长于、长于总苞自身数倍的喙；⑫花被片的形状有披针形、条状披针形、矩圆状披针形、卵状披针形、卵状披针形、矩圆形、椭圆形、倒卵状椭圆形、倒卵状宽椭圆形、狭卵状、卵状；⑬密腺的形状有平坦、凹陷、具帘、隆起。

生物学特性多样性表现在以下几个方面：①从花葶抽出至总苞开裂时间差距较大，7～30天；②一个花序开放时间差异大，5～30天（一个花序第一朵小花开放至全部小花开放时间）；③总苞开裂至第一朵小花开放时间差距大，2～18天；④种子成熟后植株有枯黄和不枯黄，枯黄的种中又有秋季返青和不返青的。

4 新疆天山葱属野生植物的利用

通过考察时向当地居民和山区牧民的了解及1997～1998年两年的种植观察，发现一些天山葱属野生植物可作为野生蔬菜、中药和花卉，具有开发利用的价值。

可作为野生蔬菜的种是蒙古韭、碱韭、山韭、野韭和实葶葱。经咀嚼叶片发现，前4种具韭菜的辛香味，食用部位是叶和鳞茎。在这5个种中，以蒙古韭食用最为普遍，在伊吾、巴里坤、木垒、吉木萨尔、乌鲁木齐一带，老百姓称之为“沙葱”，每年春季蔬菜淡季，老百姓普遍采挖食用。巴里坤县宾馆每年将采挖的蒙古韭淹制后作为该宾馆的一道风味菜。近年来，每年4月底至5月初，乌鲁木齐各菜市场均有人将挖来的蒙古韭作为野菜出售。由此可见，该种极有开发利用的价值。

可作为中药的种是头花韭、类北葱、小山蒜和棱叶韭，药用部位是鳞茎，药用成分为大蒜氨酸（$C_6H_{11}O_3NS$）、甲基大蒜氨酸和大蒜糖，主治咳嗽、支气管炎、慢性肠炎、痢疾等（刘国均，1981）。

可作为花卉的种是棱叶韭、小山蒜和宽苞韭，观赏部位是花序。根据我们在乌鲁木齐的种植观察，棱叶韭花淡蓝色或天蓝色，伞形花序球状，直径在3～8cm，一个花序开花时间长达15～30天；小山蒜花淡红色，伞形花序球状，直径在3～5cm，一个花序开花时间在10天左右；宽苞韭花淡紫红色，伞形花序球状，直径在4～7cm，一个花序开花时间7天左右。

5 结语

新疆天山山脉是我国葱属野生植物的一个多样性中心，其葱属野生植物的多样性也面临着丧失的问题。由于天山山脉是新疆的主要牧区之一，近年来，随着新疆经济的发展，各地州县畜牧业发展很快，天山内的各牧场放牧过渡，草场退化严重；加之一些地方的居民无节制地采挖食用，葱属野生植物的生长环境受到严重破坏，葱属野生植物在不断地减少，如单生组的灰皮葱和多籽组的3个种，在3年的考察中，在其分布区内均未采集到。因此，如何解决好葱属野生植物持续利用又不使其多样性丧失，是我们当前保护葱属野生植物乃至整个

植被最重要的课题。

参考文献

许介眉．1980. 中国植物志（百合科葱属）．北京：科学出版社，170～272

刘国均．1981. 新疆药用植物志（第2册）．乌鲁木齐：新疆人民出版社，176～185

Kotlinska，T. *et al*. 1990. Collecting onion，garlic and wild species of *Allium* in central Asia，USSR. Plant Genetic Resources Newsletter. 83/84：31～32

THE DIVERSITY OF WILD PLANT OF *ALLIUM* IN TIAN-SHAN MOUNTAINS IN XINJIANG

Lu Junjun，*Bai Yuting*，*Ma Dun*，*Liu Zhiyong*
(Institute of Crop Germplasm Resources，Academy of Xinjiang Agricultural Seciences，Urumqi 830091)

Based on collections of wild plants of *Allium* from 1996 to 1998 and investigations of specimen collected by other institutes，40 *Allium* species were found in Tian-shan mountains in Xinjiang. They make up 41. 6% of all China wild *allium* and 27 species of them are only distributed in Xinjiang，and 14 species of them are endemic to Tian-shan mountains. Therefore Xinjiang is a diversity center of China's wild *Allium*. The analysis showed that wild plants of *Allium* in Tian-shan mountains has a high species diversity ，and diverse growth environments，botanic charcteristics and biological special property. Some species were valuable for exploitation and utilization as wild vegetables，herb medicine，ornamental flowers and plants.

Key words：Tian-shan mountains，Xinjiang，Wild species of *Allium*，Diversity，Utilization

河南伏牛山区植物多样性及保护研究*

王磐基　杨永芳　胡　彧

（河南大学环境与规划学院，开封 475001）

摘要　伏牛山区由于地理位置的独特性，保育着多种多样的植物。本文从植物的地理成分、珍稀植物、植被类型和植物资源类型等方面分析阐述了伏牛山区植物的多样性。古气候变化、地理位置的特殊性、生态交错带和高大山体影响等因素是形成本区植物多样性的主要原因。最后提出了保护伏牛山区植物多样性的几点设想。

关键词　植物多样性　成因分析　保护研究　河南伏牛山区

伏牛山是秦岭山脉的东延部分，它位于豫西山地的最南部，山体呈西北—东南走向，西至省界与陕西省接壤，东南延伸止方城县东北部突然中断，南到南阳盆地北缘，北与熊耳山和外方山相连。东西长达 400 余 km，南北宽约 40～70km，故有“八百里伏牛山”之称。该山脉自西北逶迤向东南，形如卧牛，故称伏牛山。伏牛山主岭由燕山期花岗岩组成，两侧为古老的变质岩，局部地区有灰岩出露。伏牛山不但山体巨大，而且山势挺拔雄伟，层峦叠嶂，多悬岩峭壁，又有奇峰突起。一般海拔高度在 1 000～2 000m 之间。海拔 2 000m 以上的高峰有 6 座之多，十分雄伟壮观，称为河南省的屋瓴。由于伏牛山规模巨大，山势高峻，构成了黄河、淮河与长江三大水系的分水岭，气候湿润，且垂直变化比较明显，天然植被较好，野生动物种类繁多，因此已在伏牛山区划建有 6 个国家和省级森林生态类型的自然保护区，它为伏牛山区保护生物的多样性提供了极为有利的条件。

1　伏牛山区维管植物的多样性

1.1　植物多样性的概况

据调查统计（丁宝章等，1981，1987，1997；宋朝枢，1994），伏牛山区维管植物共计有 175 科 892 属 2 879 种（包括 10 亚种 206 变种 12 变型）。其中蕨类植物 25 科 73 属 202 种；裸子植物 6 科 15 属 28 种；被子植物 144 科 804 属 2 649 种（表 1）。从表中不难看出，它是河南省维管植物最丰富的地区，它汇集了全省蕨类植物 98%以上的种，裸子植物近 40%的种和被子植物 70%以上的种。因此可以说，伏牛山区是河南省植物多样性的分布中心。就全国来说，从表上也可看出占有相当重要的位置，其蕨类植物占全国的近 8%，裸子植物近 15%，被子植物近 11%。随着分类级别的升高，本区维管植物的属、科占全省和全国的比例越来越高，说明伏牛山区是一个植物物种多样性较丰富的地区。

* 河南省自然科学基金资助项目。

表 1　伏牛山维管植物数量与河南省和全国的比较

植物类群 \ 数量 \ 地区		伏牛山	河南省	全国	占河南省（%）	占全国（%）
蕨类植物	科	25	30	50	83.3	50.0
	属	73	99	203	73.7	36.0
	种	202	205	2 600	98.5	7.8
裸子植物	科	6	10	10	60.0	60.0
	属	15	26	34	57.7	44.1
	种	28	74	193	37.8	14.5
被子植物	科	144	158	291	91.0	49.5
	属	804	961	2 946	83.7	27.3
	种	2 649	3 700	24 357	71.6	10.9

1.2　植物区系的地理成分多样性

（1）科的组成及地理成分的多样性

将伏牛山区维管植物 175 科，按各科所含种数的多少进行统计分类，分析表明了科的组成的多样性，如表 2。

表 2　伏牛山维管植物各类科所含种数统计表

科的类型	种数	科数	占 175 科（%）	举例
单种科	1	25	14.28	连香树科、杜仲科、银杏科、透骨草科等
寡种科	2～9	81	46.28	杉科、蕨科、金粟兰科、檀香科等
少种科	10～30	49	28.00	卷柏科、松科、壳斗科、石竹科等
中等科	31～50	8	4.57	水龙骨科、杨柳科、蓼科、葡萄科等
较大科	51～80	5	2.85	兰科（54）、玄参科（57）、虎耳草科（59）、伞形科（63）、毛茛科（75）
大　科	81～100	3	1.71	莎草科（87）、百合科（94）、唇形科（95）
特大科	100 以上	4	2.28	豆科（110）、禾本科（182）、蔷薇科（189）、菊科（222）

由表中可知较大科、大科、特大科共计 12 科，仅占全部科数的 6.8%，但所含有的种数高达 1 287 种，占全部种数的 44.7%。由此可见，以上大科在本区的植物区系组成中起着重要作用。

科的地理成分多种多样，对伏牛山区植物 175 科的分布类型统计分析表明：属世界分布的有 39 科，热带至亚热带的有 26 科，泛热带至热带的有 33 科，主产温带的有 36 科，泛热带至温带的有 19 科，大洋洲、南非、南美的有 6 科，东亚分布的有 5 科，主产亚、非、大洋洲的有 2 科（八角枫科和胡麻科），主产南半球热带的有 1 科（乌毛蕨科），主产北半球寒温带的有 1 科（岩蕨科），主产东半球的有 1 科（菱科），主产大洋洲的 1 科（海桐科），主产南

非的有1科（番杏科），主产旧大陆的1科（列当科），主产亚、非、拉丁美洲的1科（商陆科），特产中国的有2科（银杏科和杜仲科）等。

（2）属的组成及属和种的地理成分的多样性

根据伏牛山区维管植物每属所含种数的多少统计，其组成情况如表3。

表3 伏牛山维管植物各类属所含种数统计表

属的类型	种数	属数	占892属（%）	举例
单种属	1	412	46.2	青钱柳属（*Cyclocarya*）、刺榆属（*Hemiptelea*）、防己属（*Sinomenium*）等
少种属	2～9	333	37.3	地构叶属（*Speranskia*）、秦岭藤属（*Bionda*）、盾果草属（*Thyrocarpus*）等
中等属	6～10	109	12.2	藤山柳属（*Clematoclethra*）、醋栗属（*Ribis*）、花椒属（*Zanthoxylum*）等
大　属	11～20	25	2.8	栎属（*Quercus*）、栒子属（*Cotoneaster*）、胡枝子属（*Lespedeza*）等
特大属	20以上	13	1.5	苔属（*Carex*）、卫矛属（*Euonymus*）、绣线菊属（*Spiraea*）等

从表中可知，大属和特大属共计38属，仅占全部属的4.26%，但经统计它们所含有的种数却约占全部种数的四分之一。可见大属和特大属在本区的植物区系组成中起着重要的作用。

关于伏牛山区维管植物属和种地理成分的多样性，参照有关分类学文献，可将各属和种分为15个分布区类型，如表4。

1.3 伏牛山自然保护区植物的多样性

由于伏牛山是河南省生物种类最丰富的山区，加之它地理位置的独特性及其对河南省及黄淮平原地区所起的重要作用，河南省人民政府于1980年和1982年先后在伏牛山区批准建立了6个森林生态系统的自然保护区，这些自然保护区建立后，在保护、科研等方面取得了一定成绩，受到了各级领导的重视，也引起了国际上的关注。1992年2月林业部与世界自然基金会（WWF）联合召开了“中国自然保护优先区域会议”，伏牛山区被确定为具有国家和全球重要意义的区域（A级自然保护优先领域的保护区），予以优先保护。同年10月，在北京召开的“中国生物多样性保护行动计划”会上，伏牛山区又被确定为森林生态系统自然保护的优先领域。为此，经省政府批准，将6个保护区合并，并将4个国营林场划入，使其成为完整的自然景观，具有区域性连成一片和具有地带性及国际意义的保护区，总面积由原来的4万多hm^2增大到5.6万多hm^2，占河南省自然保护区总面积的56%，是华北与华中过渡带的最大面积的保护区，合并扩大后改名为伏牛山自然保护区。

伏牛山自然保护区的维管植物种类与其他过渡带保护区和亚热带著名的保护区相比（宋朝枢，1994），均丰富得多，如表5。

1.4 伏牛山区现有各级保护植物的丰富性

由于伏牛山地理位置特殊、生态环境多样，本区保存了丰富的珍稀濒危植物。据调查统计（卢炯林和王磬基，1990），伏牛山现有各级保护植物62种，从它们所占河南省各级保护植物的比例来看，表明是相当丰富的。

表 4 伏牛山维管植物属（包括变型）和种的分布区类

分布区类型（包括属的变型）	属数	占全国属数（%）	种子植物种数	占本区总种数（%）
1. 世界分布	84	80.8	38	1.3
2. 泛热带分布（2 变型）	128	35.4	71	2.5
3. 热带亚洲、热带美洲间断分布	12	19.4	5	0.2
4. 旧世界热带（1 变型）	32	18.1	19	0.7
5. 热带亚洲至热带大洋洲	23	15.7	18	0.6
6. 热带亚洲至热带非洲（1 变型）	30	19.4	15	0.5
7. 热带亚洲（2 变型）	37	6.9	260	9.0
8. 北温带分布（4 变型）	215	74.1	131	4.6
9. 东亚、北美分布（1 变型）	66	53.2	15	0.5
10. 旧世界温带分布（2 变型）	76	48.7	376	13.1
11. 温带亚洲分布	20	36.4	63	2.2
12. 地中海、中亚、西亚（2 变型）	13	8.2	14	0.5
13. 中亚分布	4	5.8	2	0.1
14. 东亚分布（2 变型）	113	37.8	453	15.7
15. 中国特有分布（种子植物）	37	14.4	1400	48.6

表 5 伏牛山保护区与一些保护区植物多样性比较

保护区名称	河南伏牛山	安徽天马	安徽牯牛降	浙江天目山	福建武夷山	陕西秦岭	湖北神农架	贵州雷公山	贵州梵净山
维管植物种数	2 879	1 881	1 210	1 869	2 446	2 320	2 446	1 390	1 800

伏牛山区属国家二级重点保护植物的有狭叶瓶尔小草（*Ophioglossum thermale* Kom.）、大果青杄（*Picea neoveitchii* Mast.）、连香树（*Cercidiphyllum japonicum* Sieb. et Zucc.）、水青树（*Tetracentron Sinensis* Oliv.）、山白树（*Sinowilsonia henryi* Hemsl.）、银杏（*Ginkgo biloba* Linn.）、杜仲（*Eucommia ulmoides* Oliv.）、香果树（*Emmenopterys henryi* Oliv.）和独花兰（*Changnienia amoena* Chien）9 种，占河南省国家二级保护植物的 69.2%、属国家三级保护的植物有秦岭冷杉（*Abies chensiensis* Van Tiegh.）、麦吊云杉（*Picea brachytyla* Pritz.）、领春木（*Euptelea pleiosperma* Hook. f. et Thoms.）、华榛（*Corylus chinensis* Franch.）、天麻（*Gastrodia elata* Blume.）、水曲柳（*Fraxinus mandshurica* Rupr.）、天竺桂（*Cinnamomum japonicum* Sieb.）、金钱槭（*Dipteronia sinensis* Oliv.）、青檀（*Pteroceltis tatarinowii* Maxim.）、八角莲（*Dysosma versipellis* M.）等 20 种，占省国家三级保护植物的 74.1%；列入省级重点保护的植物有巴山冷杉（*Abies fargesii* Franch.）、三尖杉（*Cephalotaxus fortunei* Hook. f.）、南方红豆杉（*Taxus mairei* S. Y. Hu ex Liu）、紫楠（*Phoebe sheareri* Gamble）、黑壳楠（*Lindera megaphylla* Hensl.）、铁木（*Ostrya japonica* Sarg.）、米心树（*Fagus engleriana* Seem.）、河南杜鹃（*Rhododendro henanense* Fang）、铁筷子（*Helleborus thibetanus* Franch.）、华山参（*Physochlaina infundibularis* Kuang）等 33 种，占省级保护植物的 73.3%。除上述那些珍贵稀有的种类外，这里还是河南特有植物种的原产地，如河南石斛（*Dendrobium henanense* J. L. lu et L. X. Gao, Sp.）、伏牛扬（*Populus funivshanensis* T.）、河南钱线莲（*Clematis honanensia* S. Y. Wang et C. L. Chang, Sp. nov.）、河南鹅耳枥（*Carpinus funiushanensis* P. C. Kuo）、河南蓼（*Polygonum honanense* Kung）、河南翠雀（*Delphinium honanense* W. T. Wang）、河南蹄盖蕨（*Athyrium honanense* Ching）等几十个新种。

1.5 伏牛山区植被类型的多样性

伏牛山区地处北亚热带向南暖温带过渡地带，地质古老，山体高大，地形复杂，气候适宜，物种丰富，森林树种繁多，生长茂密，因而，在伏牛山区发育了多种多样的植被类型。根据历年来有关专家学者所做的调查资料（卢炯林，1961；尚富德和王磐基，1994），结合伏牛山区的实际，参照《中国植被》的分类系统，可将本区植物群落分为7个植被型组、13个植被型、123个群系（宋朝枢，1994），如表6。

表6 伏牛山的植被型组、植被型及群系表

植被型组	植被型	群系数	群系
针叶林	常绿针叶林	6	华山松林（*Pinus armandii* forest）、油松林（*pinus tabulaeformis* forest）、铁杉林（*Tsuga chinensis* forest）、马尾松林（*Pinus massoniana* forest）、侧柏林（*platycladus orientalis* forest）等
	落叶针叶林	1	日本落叶松人工林（*Larix leptolepis* forest）
阔叶林	落叶阔叶林	33	栓皮栎林（*Quercus variabilis* forest）、锐齿栎林（*Quercus acutidentata* forest）、山杨林（*Populus davidiana* forest）、白桦林（*Betula platyphxylla* forest）、千金榆林（*Carpinus cordata* forest）等
	常绿半常绿阔叶林	5	橿子栎林（*Quercus baronii* forest）、岩栎林（*Quercus acrodenta* forest）、河南杜鹃林（*Phododendron honanense* forest）、太白杜鹃林（*Rhododendron purdomii* forest）等
针阔叶混交林	常绿针叶、落叶阔叶混交林	2	油松、栓皮栎混交林（*Pinus tabulaeformis*, *Quercus variabilis* forest），华山松、锐齿栎混交林（*Pinus armandii*, *Quercus acutidentata* forest）
竹　林	单轴型竹林	3	刚竹林（*Phyllostachys bambusoides* forest）、斑竹林（*phyllostachys bambusoidcs* f. *tanakae* forest）、淡竹林（ph. *nigra* var. *henonis* forest）
	合轴型竹林	2	华桔竹林（*Fargesia spathaceae* forest）、箭竹林（*Sinarundinaria nitida* forest）
灌丛和灌草丛	灌　丛	30	荆条（*Vitex negundo* var. *heterophylla* brush）、鼠李（*Rhamnus davurica* brush）、黄栌（*Cotinus coggygria* brush）、连翘（*Forsythia suspensa* brush）、杭子梢（*campylotropis macrocarpa* brush）、胡枝子（*Lespedeza bicolor* brush）等灌丛
	灌草丛	3	美丽胡枝子、黄背草（*Lespedeza formosa*+*Themeda triandra* var. *japonica* brush）、荆条、酸枣、黄背草（*Vitex negundo* var. *heterophylla* + *Zizyphus jujuba* + *Themeda triandra* brush）、悬钩子、大油芒灌丛（*Rubus* Spp. + *Spodipogon Sibiricus* brush）
草　甸	典型草甸	17	根茎禾草草甸9个、丛生禾草草甸4个、杂类草草甸4个
	湿生草甸	2	酸模叶蓼草甸（*Polygonum lapathifolium* meadow）、脉果苔草和水金凤草甸（*Carex neurocarpa*+*Impatiens nolitangere* meadow）
沼泽和水生植被	沼　泽	6	香蒲沼泽（*Typha orientalis* Swamp）、芦苇沼泽（*Dhyagmites communis* Swamp）、灯心草沼泽（*Juncus effusus* Swamp）等
	水生植被	13	挺水植被2个、浮水植被6个、沉水植被5个

1.6 伏牛山区植物资源类别的多样性

由于伏牛山区所处的特殊地理位置以及复杂多样的综合自然环境条件，本区保育了丰富的植物种类，成为河南省植物多样性的分布中心。因而，伏牛山区蕴藏着丰富的植物资源，并且资源类别多样。根据有关调查统计资料，按植物资源的用途，可将伏牛山区的植物资源归为13个类别（王磐基和王安才，1992），记述如下。

（1）用材树种　各类用材树种共有342种，其中主要的乔木树种有油松（*Pinus tabulaeformis* Carr.）、华山松（*P. armandii* Franch.）、栓皮栎（*Quercus variabilis* Bl.）、麻栎（*Q. acutissima* Carr.）、槭树多种（*Acer* Spp.）、千金榆（*Carpinus cordata* Bl.）、山杨（*Populus davidiana* Dode）、柳树（*Salix matsudana* Koidz.）、锐齿栎（*Q. acutidentata* Koidz.）、朴树（*Celtis sinensis* Pers.）、黄连木（*Pistacia chinensis* Bunge）、白榆（*Ulmus Pumila* L.）、竹子多种（*Phyllostachys* Spp.）、泡桐（*Paulownia tomentosa* Steud.）等。

（2）淀粉植物　淀粉通常在植物种子或块根和块茎中比较多。本区淀粉植物有112种，主要有板栗（*Castanea mollissima* Bl.）、茅栗（*C. Seguinii* Dode）、栓皮栎、麻栎等的坚果，葛（*Pueraria lobata* Ohwi）、何首乌（*Polygonum multiflorum* Thunb.）、芋（*Colocasia esculenta* Schott）、菝葜（*Smilax Chinensis* L.）、蕨（*Pteridium aquilinum* Kuhn var. *latiusculum*）、鬼灯檠（*Rodegrsia aesculifolia* Batal.）、黄精（*Polygonatum sibiricum* Redoute）、薯蓣（*Dioscorea opposita* Thunb.）等种类的块根和块茎。

（3）纤维植物　本区纤维植物种类很多，共有168种，其中青檀皮是最有名的宣纸原料，其他如构树（*Broussonetia papyrifera*）、桑（*Morus alba* L.）、苎麻（*Boehmeria nivea* Gaud.）、华椴（*Tilia chinensis* Maxim.）、扁担杆（*Grewia biloba* G. Don）、芫花（*Daphne genkwa* Sieb. et Zucc.）等的茎皮；筐柳（*Salix linearistipularis* Hao）、黄荆（*Vitex negundo* L.）、胡枝子（*Lespedeza bicolor* Turcz.）、白蜡树（*Fraxinus chinensis* Roxb.）、蒲草（*Typha orientalis* Presl.）、竹子多种、芒（*Miscanthus Sinensis* Anderss.）、荻（*M. Sacchariflorus* Hack.）及木防己（*Cocculus trilobus* DC.）、葛等，都是造纸、纺织工业或编织的好原料。

（4）野生水果　这一类含有丰富的维生素C和其他营养成分与微量元素。本区共有108种，其中资源蕴藏量较大、营养价值较高的种类主要有五味子（*Schisandra Chinensis* Baill.）、茶藨子（*Ribes* Spp.）、金缨子（*Rosa laevigata* Michx.）、野葡萄多种（*Vitis* Spp.），山莓（*Rubus corchorifolius* L. f.）、中华猕猴桃（*Actinidia chinensis* Planch.）、山楂（*Crataegus pinnatifida* Bunge.）、胡颓子（*Elaeagnus pengens* Thunb.）、四照花（*Dendrobenthamia japonica* Fang）等。

（5）油脂植物　油脂一般贮藏在植物的果实或种子里，其种类很多。本区具有开发价值的植物就有205种。其中核桃（*Juglans regia* L.）是最著名的油料树种，栽培也比较普通。另可作食用油的有野核桃（*J. cathayensis* Dode）、球果香榧（*Torreya fargesii* Franch.）、榛子（*Corylus heterophylla* Fisch ex Trautv.）、梾木属（*Cornus* L.）树种等的果实或种子；可作化工原料的有松属（*Pinus* L.）树种子油、乌桕（*Sapium Sebiferum* Roxb.）、樟科树种、漆树（*Toxicodendron vennicifluum* F. A. Barkley）、黄连木等树木的果实油。

（6）药用植物　本区是药用植物的“宝库”，各种药用植物达1 028种，像山茱萸（*Macrocarpium officinalis* Nakai）是我国的中心产区。其他重要的有五味子、丹参（*Salvia miltiorrhiza* Bunge）、北柴胡（*Bupleurum chinense* DC.）、天麻、石斛属（*Dendrobium* Sw.）、冬凌草

(*Robdosia rubescens* Hara.)、龙芽草 (*Agrimonia pilosa* Ldb.)、过山蕨 (*Camptosorus cibiricus* Rupr.)、铁角蕨 (*Asplenium trichomanes* L.)、伏石蕨 (*Lemmaphyllum microphyllum* Presl.)、何首乌、绞股蓝 (*Gynostemma pentapnyllum makino*)、马兜铃 (*Aristolochia debilis* Sieb. et Zucc.)、连翘 (*Forsythia suspensa* Vahl.)、地榆 (*Sanguisorba officinalis* L.) 等。

(7) 芳香植物　本区有141种，这些植物体内或花、果中含有具芳香气味的挥发油，少数种类的根茎或块根中也含量较高。其中著名的芳香植物有松柏类、薄荷 (*Mentha haplocalyx* Briq.)、望春玉兰 (*Magnolia biondii* Pamp.)、花椒 (*Zanthoxylum bungeanum* Maxim.)、乌药 (*Lindera Strychnifolia* Villar)、牛至 (*Origanum Vulgare* L.)、土荆芥 (*Amethystea caerulea* L.)、紫苏 (*Perilla frutessens* Britt.) 等。

(8) 鞣料植物　这类植物富含单宁，提取后名为栲胶，在皮革、渔网制造业、纺织、化工、医药等行业有着广泛的用途。本区种类繁多约有248种，其中单宁含量高、资源丰富的主要有栎属 (*Quercus* L.) 的总苞、化香树 (*Platycarya Strobilacea* Sieb. et Zucc.) 的果序、蓼属 (*Polygonum* L.) 和酸模属 (*Rumex* L.) 多数种类的株或根、蔷薇属 (*Rosa* L.) 灌木的根皮、地榆的根、地锦 (*Euphorbia humifusa* willd.) 的茎叶等以及盐肤木 (*Rhus chinensis* Mill.)、青麸杨 (*R. potaninii* Maxim.)、黄连木等的树皮树叶和寄生叶上的五倍子。

(9) 树脂、树胶和橡胶植物　这类植物有31种，主要有漆树属 (*Toxic odendron* Mill.)、松属 (*Pinus* L.)、李属 (*Prunus* L.)、猕猴桃属 (*Actinidia* Lindl.) 和卫矛属 (*Euonymus* L.) 的树种以及枫香 (*Liquidambar taiwaniana* Hance)、杜仲、薜荔 (*Ficus Pumila* L.) 等。

(10) 土农药植物　这类植物含有对昆虫有毒杀作用的化学成分，可制成土农药进行农林果蔬菜等害虫的防治。本区这一类植物约有80多种，主要的有楝树 (*Melia azedarach* L.)、藜芦 (*Veratrum nigrum* L.)、直立百部 (*Stemona Sessilifolia* Fr. et Sav.)、苦参 (*Sophora flavescens* Ait.)、苦皮藤 (*Celastrus angulatus* Maxim.)、杠柳 (*Periploca Sepium* Bunge)、皂荚 (*Gleditsia Sinensis* Lam.)、细辛 (*Asarum sieboldii* Miq.)、土荆芥、泽漆 (*Euphorbia helioscopia* L.)、白头翁 (*Pulsatilla chinensis* Regel)、天南星 (*Arisaema consanguineum* Schott)、芫花等。

(11) 饲料植物　本区种类多资源量大，有245种，主要以禾木科和豆科的一些草本及小灌木为最多，另外苋 (*Amaranthus* spp.) 类、藜 (*Chenopodium* spp.) 类、野苎麻 (*Boehmeria gracilis* C. H. Wright)、各种榆树 (*Ulmus pumila*) 叶、马齿苋 (*Portulacca oleracea* L.) 等都是家畜和家禽的良好饲料。

(12) 园林绿化观赏植物　这类植物有577种，其中有很多种类在园林上已有较长的栽培历史，如虎耳草 (*Saxifraga stolonifera* Meerb.)、棣棠花 (*Kerria japonica* DC.)、绣线菊属 (*Spiraea* L.) 多种、郁李 (*Cerasus japonica* Lois.)、珍珠梅 (*Sorbaria Sorbifolia* A. Br.)、雪柳 (*Fontanesia fortunei* Carr.)、常春藤 (*Hedera nepalensis* K. Koch. var. *Sinensis* Rehd.)、毛黄栌 (*Cotinus coggygria* Scop. var. *pubescens* Engl.)、猬实 (*Kolkwitzia amabilis* Graebn.)、连翘、多种荚蒾 (*Viburnum* spp.) 等。其他的如蜈蚣草 (*Pteris vittata* L.)、杜鹃 (*Rhododendron Simsii* Planch.)、石竹 (*Dianthus chinensis* L.)、草芍药 (*Paeonia obovata* Maxim.)、山梅花 (*Philadelphus incaxnus* Koehne)、太平花 (*P. pekinensis* Rupr.)、蔷薇属、槭属的种类、紫茎 (*Stewartia sinensis* Rehd.)、松属、竹类及兰属多种 (*Cymbidium* Spp.) 等。

(13) 野菜植物　这类植物完全是自然条件下生长的，它们的嫩枝或叶、花、果、根茎，

甚至全株可作蔬菜食用，营养丰富，种类也较多，本区约有114种。如著名的拳菜（蕨）及榆树果、香椿(*Toona sinensis* Roem.)芽、枸杞(*Lycium chinense* Mill.)、野金针菜(*Hemerocallis flava* L.)、山葱（*Allium chrysanthum* Regel.）、地笋（*Lycopus lucidus* Trucz.）、甘露子(*Stachys sieboldi* Miq.)、绵枣（*Scilla scilloides* Druce)、苋（*Amaranthus ascendens*)、蓼属的种类、藜科的多种以及芥菜（*Capsella bursa-Pastoris* Medic.）等十字花科的种类等。

2 伏牛山区植物多样性的成因分析

2.1 古气候变化的影响

伏牛山区成陆历史悠久（张光业，1985)，中生代这里气候温暖湿润，植物已相当繁茂。新生代早期，气候仍然是温暖湿润，许多植物得以自由发展。到了第三纪，气候变迁引起的亚热带森林群落在伏牛山南北坡分布的变化，促进了物种的混合，奠定了本区植物多样性的基础。第四纪时本区只出现小规模山谷冰川，冰期与间冰期的交替促使温带和亚热带种类频繁地南北迁移，达到物种充分混合，造成本区植物丰富、区系成分复杂的多样性特点。同时，在伏牛山区也保存了许多第三纪的古老种类，形成本区特有的分布种类多、残遗种丰富的物种多样性现状。

2.2 地理位置的特殊性

伏牛山区处于我国南北自然典型的过渡地带，气候、土壤呈过渡类型，森林属暖温带落叶阔叶林向北亚热带常绿阔叶林的过渡类型。同时在中国地势的三大阶梯中，又处于第二阶梯向第三阶梯的过渡地带。因此本区是华北、华中与西南等多种植物区系成分的汇集地。

2.3 伏牛山是典型的生态交错带

生态交错带是指相邻生态系统之间的过渡地带，伏牛山区正是一个典型的生态交错带，其两侧发育着完全不同质的生态系统类型。伏牛山生态交错带环境条件复杂，空间异质性很强，它是植物多样性形成的重要条件，它使得植物对环境资源的可利用性和可选择性增强，并增加了物种繁育和迁移的信息量，从而影响着本区植物的生存和物种的多样性。再者生态交错带的通道作用、富集物种的沉积库作用和过滤物种的作用等特殊功能是伏牛山区植物多样性形成的根本原因。

2.4 山体高大因素的影响

伏牛山是受季风影响显著的温暖性山体类型，山体高大，有6座海拔2 000m以上的山峰，相对高差达1 700多米，自然垂直分带现象极为明显。根据南北坡的水热条件及其配合状况存在的显著差异，故南北坡的垂直带谱也有不同，南坡植被可划分为5个植被带，北坡分为4个植被带，各带的水、热、土、肥资源各具特色，形成许多优越的生境条件，为多种植物提供了繁衍生存的适宜场所，从而提高了伏牛山区植物种类的多样性。

3 伏牛山区植物多样性保护的设想

长期以来由于人们生态意识淡薄，对生物多样性的价值认识不足，导致对生物资源采取了掠夺式的乱采滥挖，再加森林的砍伐破坏引起的生态环境的变化，造成目前不少植物种类处于受威胁的状态。为此，我们必须采取保护措施，恢复其良性的生态系统，使伏牛山生物

资源永续开发利用，因而我们特提出一些保护伏牛山区植物多样性的设想。

3.1 加强保护区的建设和管理

伏牛山自然保护区，对该区域生物多样性起着关键性的保护作用，它应该成为保护、发展和研究生物多样性的基地。但是目前保护区的建设和管理方面仍然存在着不少亟待解决的问题，未能真正体现自然保护区的职能，也没有发挥其巨大的潜力和应有的效益。另外对伏牛山区生物多样性的保护应做到保护与管理和持续利用相结合，保护与恢复和重建相结合，这方面的工作还相差太远。当前急需健全管理机构，编制、解决经费来源，停止采、挖、伐，落实管理方针，作出保护、发展规划，进行有效的管理，使之真正起到保护自然、拯救物种及其生命维持系统的作用。

3.2 建立植物多样性迁地保存和引种驯化基地

伏牛山区具有南北植物引种的优越自然环境。迁地保护重要的植物种类，是一项保护生物多样性的重要措施。在伏牛山区有些物种，如大果青杆、连香树等受威胁严重，仅短时期保护区内保护还无法保证它们的生存，这类物种就需要借助迁地保护的方法。迁地保护是保证那些依赖人类种植而生存的植物所必不可少的，它可以使野外数量稀少、自然繁育困难的植物种类免遭绝灭的危险，也是将来这些物种再引回原有栖息地的来源和未来驯化繁育物种遗传物质的主要来源。因此，建议在南阳或洛阳地区建立伏牛山区引种驯化植物园，作为保护伏牛山植物多样性的基地。

3.3 加强科学研究

物种多样性的保护和持续利用都必须建立在科学研究的基础之上。因此必须进一步加强对伏牛山区植物多样性的研究。在这方面需要开展的工作很多，主要应有伏牛山植物多样性的长期动态监测、植物多样性的持续利用研究、气候变暖对伏牛山区的影响等等。

3.4 提高公众生态意识和加强立法与执法

伏牛山区植物多样性保护工作能否成功，关键是需要广大群众的生态意识的提高和参与、各级领导的支持、各有关职能部门的通力协作。因此必须宣传组织群众加强对伏牛山区生态环境的建设，但这是一项长期而又艰巨的工作。这就需要立法，制定相应的法规，通过法律途径来进行保护，这是必不可少的。有了法律、法规，在执法中必须严格依法办事，对各种违法行为进行严肃处理，这样才能真正起到保护作用。

参考文献

丁宝章，王遂义（主编）．1981，1987，1997. 河南植物志（1－3册）．郑州：河南人民出版社

宋朝枢（主编）．1994. 伏牛山自然保护区科学考察集（第三部分伏牛山植物）．北京：中国林业出版社

卢炯林、王磐基（主编）．1990. 河南省珍稀濒危保护植物．开封：河南大学出版社

王磐基．王才安（主编）．1992. 生物资源概论．开封：河南大学出版社

卢炯林．1961. 伏牛山北坡植被分布及演替规律初探．河南农学院学报，2（2）：45～55

张光业．1985. 河南第四纪古地理演变．河南大学学报，（3）：11～12

尚富德，王磐基等．1994. 河南省石人山自然保护区植物区系和植被类型研究．河南大学学报，（3）：85～87

PLANT SPECIES DIVERSITY AND ITS PROTECTION IN FUNIU MOUNTAIN AREA OF HENAN PROVINCE

Wang Panji, *Yang Yongfang*, *Hu Yu*
(College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475001)

Due to its unique geographical position of the Funiu Mountain area, a lot of plant species have been found here. This paper provides a general analysis and causes of the plant species diversity in this area. It was considered that the principal factors governing the plant diversity in this area are the Climate change in ancient times, the unusual geographical situation, the ecological crisscross and the existence of huge mountain, *etc*. Some suggestions on conservation measures of the plant species diversity in this area were also given in this paper.

Key words: Plant species diversity, Causes of formation, Protection analysis, Funiu Mountain

广东和海南地区的中国种子特有属植物

王瑞江
（中国科学院华南植物研究所，广州 510650）

摘要　由于广东省和海南省一直处于热带、亚热带气候条件下，第四纪冰期几乎没有影响这个地区的植被，这为植物物种的产生和分化提供了重要的条件。中国种子植物特有属在广东及海南地区自然分布有62属（包括90种5变种），其中裸子植物3属3种，被子植物59属87种5变种。在被子植物中，双子叶植物占50属70种，5变种；单子叶植物占9属17种。在62个特有属中，单种属有37属，占总数的59.7%。本地区种子植物特有属15个，占分布本地区特有属总数的24.2%。分布在本地区的特有属数目（62属）占全国特有属（243属）的25.5%。苦苣苔科、禾本科和野牡丹科含特有属比例较高，约占分布本地区特有属总数的35.5%。通过对这些属的生活型进行分析，发现草本植物特有属在本地区所产的中国种子植物特有属中所占比例高达45.2%，而常绿乔木和多年生草本（两者共40属，占64%）为本地区的主要植被类型。这62个中国种子植物特有属根据其分布范围可以将之分为6个类型：广布属、相对广布属、秦岭—淮河以南分布属、以华南和华中为主要分布中心的属、以华南为分布中心的属和华南特有属，其中华南特有属包括23属，占同类属的37.1%。从各属的分布地点可以看出，广东省的粤北和粤西以及海南省的五指山地区为本地区所产中国种子植物特有属的主要分布中心。

关键词　种子植物　特有属　生活型　分布类型　广东和海南

广东省和海南省是我国最南方的两个省份（海南于1988年建省，此前一直隶属广东省），陆地范围约位于25°31′～18°09′N，108°35′～117°20′E之间。广东和海南两省由于地处低纬度地区，地跨亚热带、南亚热带和北热带3个气候带，使两省成为中国植物区系最丰富的地区之一。由于地史和自然条件的多样性，不但植物种类丰富，植物区系成分复杂，而且还分布着较多的中国种子植物特有属及其种类。近年来，许多学者对“特有”这一概念有不同的理解，并且根据现有的资料统计得出不同的特有属数。王荷生等（王荷生，1985，1989，1992；王荷生和张镱锂，1994）和应俊生等（应俊生和张志松，1984；应俊生和张玉龙，1994）在不同时期统计的中国种子植物特有属数也不同。在本文中，作者依据应俊生等（应俊生和张玉龙，1994）的观点将广东和海南地区所产的中国种子植物特有属同中国种子植物特有属进行比较和分析。

1　地史和环境

广东省和海南省的地质构造在震旦纪到早古生代时属华南褶皱系（南化准地台）的一部

分。在早古生代末期，因受加里东运动的影响，形成了粤西云开大山，这成为本地区植物发生最早的地区。晚古生代在海西运动的影响下，在粤北地区沉积了厚厚的石灰岩，在那里相应出现了石灰岩植被。在中生代侏罗纪末、白垩纪初的燕山运动结束了海侵过程，这个时期裸子植物占据了优势，而且，被子植物中的一些科，如木兰科等十几个科，在上白垩纪开始存在，这些高等植物从这个时期就一直在比较稳定的热带、亚热带气候条件下发生和发展，所以大批古老的种、属至今仍然存在。在新生代，被子植物生长繁盛，山茶科、龙脑香科等大量的科最晚也从第三纪初就已经建立了（斯行建和周志炎，1962；徐俊鸣，1957。至第四纪初，因地壳断裂下陷，形成琼州海峡及大陆边缘的一系列岛屿。因此海南岛北部的植被至今仍与雷州半岛南部的植物很相近。在第四纪冰期对华南地区的影响是很微弱的，在这个地区的热带森林中保存着许多第三纪古热带植物群的后裔和残遗植物（斯行建和周志炎，1962；王荷生，1985，1989)。

从生态环境等因素分析，本地区有如下的特点：①地形复杂多样。在长期的地质历史过程中，形成了大体北高南低的地势和山地、丘陵、盆地、台地、平原等复杂的地貌，非常有利于区域环境的产生，为植物种类的分化提供了物质基础。②热带亚热带海洋性气候。由于地处低纬度，热量丰富、气温较高和降雨量较多等环境因子都有利于大部分种子植物的生长，使本地区植被类型繁多。③热带亚热带土壤类型为主。在热带、亚热带季风气候条件和生物因子的长期作用下，砖红壤性土、砖红壤性红壤、红壤、山地黄壤、山地草甸土和海滨砂土成为本地区地表基质的主要类型（广东省植物研究所，1976)。并且土壤类型的地理分布大体上是与气候带和植被带相一致。此外，我们还应注意到海南岛在第四纪时与广东大陆的分开后，与广东大陆产生了强烈的地理隔离，这样海南岛植物区系在以后的演化中更具有其特有性和独立性。

2 本地区中国种子植物特有属的组成和结构

中国种子植物特有属在广东和海南地区的种类组成如表 1 所示。本地区产中国种子植物特有属有 62 属，占本地区种子植物总属数（张金泉，1997）（1 512 属）的 4.1%，占中国种子植物特有属总数（应俊生和张玉龙，1994）（243 属）的 25.5%，含 90 种 5 变种，隶属于 33 科。其中裸子植物 3 属 3 种，被子植物 59 属 87 种 5 变种；在被子植物中，双子叶植物占 29 科 50 属 70 种 5 变种；单子叶植物占 2 科 9 属 17 种。在本地区所产的 62 个特有属中，有 37 个单种属 18 个少种属，7 个多种属。单、少种属共计 55 属，占该分布型的 88.7%，它们当中有一部分是残遗种。多种属只有 7 属，仅占 11.3%，但所含的种数（27 种）却占 29.7%。不过最大的属——少穗竹属（*Oligostachyum* Z. P. Wang et G. H. Ye）也仅有 6 种；半蒴苣苔属（*Hemiboea* Clarke)、异药花属（*Fordiophyton* Stapf)、卷花丹属（*Scorpiothysus* H. L. Li）各有 5 种，这些多种属大多为多年生草本，也有灌木或亚灌木，它们包含着在系统演化上古老原始的、中间的以及进化或特有的各种类群。值得指出的是，在本地区分布的单子叶植物中，禾本科含有 8 个特有属，数量远远超过兰科，其中大部分又被竹亚科（6 属）所占据。

在本地区所产的 62 个中国种子植物特有属中，有 15 属为本地区的特有属，占分布本地区特有属总数的 24.2%。海南岛分布有 22 个特有属（与以前学者（邢福武等，1995）统计的有所不同)，占本地区分布特有属总数的 35.5%，占全国种子植物特有属的 9.1%；广东大陆

分布有49个特有属，占本地区分布特有属总数的79%，占全国种子植物特有属的20.2%；有10属在海南和广东大陆均有分布。

苦苣苔科（9属16种3变种）、禾本科（8属16种）和野牡丹科（5属14种2变种）含特有属较多，约占分布本地区特有属总数的35.5%和含种数的50.5%，是特有属植物的主要组成成分。

从表1中我们可以看到海南省有9个种子植物特有属（白水藤属 *Pentastelma*、扁蒴苣苔属 *Cathayanthe*、盾叶苣苔属 *Metapetrocosmea*、保亭花属 *wenchengia*、卷花丹属 *Scorpiothysus*、多核果属 *Pyrenocarpa*、核果茶属 *Parapyrenaria*、射毛悬竹属 *Ampelocalamus*、刺毛头黍属 *Setiacis*），占全国特有属总数的3.7%，占本地区所产全国特有属数的14.5%；广东省有5个特有属（报春苣苔属 *Primulina*、虎颜花属 *Tigridiopalma*、绣球茜属 *Dunnia*、梅兰属 *Sinorchis*、异枝竹属 *Metasasa*），占全国特有属总数的2.1%，占本地区所产全国特有属数的8.1%；然而只有1个属（驼峰藤属 *Merrillanthus*）为本地区所特有，这些属主要属于热带性质的新特有属，在系统发生上属于较为进化的类群。

表1　中国种子植物特有属在广东省及海南省的组成和分布

科　名	种　类	分布地点	性状	备　注
1 红豆杉科 Taxaceae	1 白豆杉 *Pseudotaxus chienii*	乳源	E	单种属；国家2级保护植物，稀有种；海拔500～1 300m
2 杉科 Taxodiaceae	2 杉木 *Cunninghamia lanceolata*	茂名、高要	E	少种属；海拔520～1 500m
	3 水松 *Glyptostrobus pensilis*	广州、佛山、江门、番禺、高要、平远、怀集、河源、博罗	E	单种属；国家2级保护植物；渐危物种；孑遗植物；海拔不高于1 000m
3 爵床科 Acanthaceae	4 叉序草 *Chingiacanthus patulus*	英德	P	少种属；海拔1 300～1 800 m
4 五加科 Araliaceae	5 马蹄参 *Diplopanax stachyanthus*	乳源、阳春、阳江、英德	E	单种属；国家2级保护植物，渐危种；海拔750～1 800m
	6 通脱木 *Tetrapanax papyrifera*	乐昌、广州、翁源、连山	E	少种属；海拔100～1 800m
5 萝摩科 Asclepiadaceae	7 驼峰藤 *Merrillanthus hainanensis*	高要，海南的保亭、白沙	L	单种属；省级保护植物；本地区特有属；海拔300～1 100m
	8 白水藤 *Pentastelma auritum*	海南的保亭	S	单种属；海南特有属；海拔200m
6 菊科 Asteraceae	9 光苞紫菊 *Notoseris psiloepis* 10 细梗紫菊 *N. gracilipes*	连县 乳源、乐昌	P	多种属；海拔1 300～1 800 m
7 紫草科 Boraginaceae	11 盾果草 *Thyrocarpus sampsonii*	平远、封开、肇庆	A	少种属；海拔100～1 800m
8 伯乐树科 Bretschneideraceae	12 伯乐树 *Bretschneidera sinensis*	信宜、乳源、曲江、连县、从化、龙门、阳江、乐昌、封开	D	单种属；国家2级保护植物，稀有种；海拔100～1 600m

（续）

科　名	种　类	分布地点	性状	备　注
9 大戟科 Euporbiaceae	13 华南地构叶 *Speranskia cantonensis*	乳源	P	少种属;海拔 100～1 350m
10 大风子科 Flacourtiaceae	14 山拐枣 *Poliothyrsis sinensis*	乳源	D	单种属;海拔 570～1 500m
11 苦苣苔科 Gesneriaceae	15 四数苣苔 *Bournea sinensis*	英德、新丰、南雄、博罗、信宜、乳源、怀集、罗浮山	P	少种属;海拔 300～1 000m
	16 扁蒴苣苔 *Cathayanthe biflora*	海南陵水、保亭	P	单种属;海南特有属;海拔 500m
	17 密小花苣苔 *Chiritopsis confertiflora*	阳山	P	多种属;生于石灰岩地区
	18 浅裂小花苣苔 *C. lobulata*	阳山		
	19 钻丝小花苣苔 *C. subulata*	肇庆		
	20 双片苣苔 *Didymostigma obtusum*	德庆、龙门、高要、罗浮山、新丰、紫金、乐昌、英德	A	单种属;海拔 650m
	21a 北流圆唇苣苔 *Gyrocheilos chorisepalum* var. *synsepalum*	云浮	P	少种属;海拔 450～1 600m
	22 微毛圆唇苣苔 *G. microtrichum*	信宜		
	23 折毛圆唇苣苔 *G. retrotrichum*	信宜、云浮		
	23a 稀裂圆唇苣苔 *G. retrotrichum* var. *oligolobum*	茂名		
	24 贵州半蒴苣苔 *Hemiboea cavaleriei*	高要、从化、英德、信宜、新丰、云浮、怀集、连山、阳山、连县、乳源、连南	P	多种属;海拔 350～1 800m
	25 华南半蒴苣苔 *H. follicularis*			
	26 腺毛半蒴苣苔 *H. stigosa*			
	27 降龙草 *H. subcapitata*			
	28 半蒴苣苔 *H. henryi*			
	28a 广东半蒴苣苔 *H. henryi* var. *guandongensis*			
	29 盾叶苣苔 *Metapetrocosmea peltata*	海南安定、琼中、白沙、保亭、崖县、东方	P	单种属;海南特有属
	30 石山苣苔 *Petrocodon dealbatus*	阳山	P	单种属;海拔 500～1 050m
	31 报春苣苔 *Primulina tabacum*	乳源、连县、连山	P	单种属;省级保护植物;广东特有属;海拔 300m
12 金缕梅科 Hamamelidaceae	32 山铜材 *Chunia bucklandioides*	吊罗山、尖峰岭	E	单种属;国家 2 级保护植物;稀有种;海南特有属;海拔 300～750m
	33 半枫荷 *Semiliquidembar cathayensis*	连山、乳源、信宜、乐昌、梅县、新丰、和平,海南保亭、琼中、陵水、乐东	E	少种属;国家 3 级保护植物;稀有种;海拔 320～1 000m
	34 细柄半枫荷 *S. chingii*	英德、乐昌		
13 胡桃科 Juglandaceae	35 青钱柳 *Cyclocarya paliurus*	梅县、乳源	D	单种属;海拔 450～1 830m

（续）

科　名	种　类	分布地点	性状	备　注
14 唇形科 Lamiaceae	36 四棱草 *Schnabelia oligophlla*	乳源、连县	P	少种属；海拔 230～1 000 m
	37 保亭花 *Wenchengia alternifolia*	海南保亭	S	单种属；海南特有属；海拔 350m
15 木兰科 Manoliaceae	38 乐东拟单性木兰 *Parakmeria lotungensis*	乳源、连山、阳春，海南乐东、东方、陵水、定安	E	少种属；国家 3 级保护植物；濒危种；海拔 1 200～1 800m
	39 观光木 *Tsoongiodendron odorum*	阳春、茂名、高要、英德、仁化，海南五指山、琼中	E	单种属；国家 2 级保护植物；稀有种；海拔 500～1 250m
	40 棱果花 *Barthea barthei*	罗浮山、乳源、阳春、紫金、翁源、阳江	S	单种属；海拔 590～1 500 m
	41 肥肉草 *Fordiophyton fordii* 41a 毛柄肥肉草 *F. fordii* var. *pilosum* 41b 光萼肥肉草 *F. fordii* var. *vernicinum* 42 短茎异药花 *F. brevicaule* 43 心叶异药花 *F. cordifolium* 44 多花肥肉草 *F. multiflorum*	翁源、乐昌、仁化、南雄、罗浮山、乳源、惠阳 连平 广东南部沿海 信宜 连山	P	多种属；海拔 500～1 700 m
16 野牡丹科 Melastomataceae	45 红毛卷花丹 *Scorpiothyrsus erythrotrichus* 46 光叶卷花丹 *S. glabrifolius* 47 疏毛卷花丹 *S. oligotrichus* 48 卷花丹 *S. xanthostictus* 49 黄毛卷花丹 *S. xanthotrichus*	海南保亭 海南保亭 海南乐东 海保亭、琼中 海南保亭、琼海、定安	S	多种属；海南特有属；海拔 500～1 600m
	50 短葶无距花 *Stapfiophyton breviscapum* 51 败蕊无距花 *S. degeneratum* 52 无距花 *S. perperomiaefolium*	连南、乳源 茂名 清远	P	少种属；海拔 200～1 500 m
	53 虎颜花 *Tigridiopalma magnifica*	阳春、信宜	P	单种属；广东特有属；海拔 480m
17 桃金娘科 Myrtaceae	54 多核果 *Pyrenocarpa hainanensis* 55 圆棱多核果 *P. teretis*	海南崖县、保亭、万宁、乐东、琼中	E	少种属；海南特有属
18 蓝果树科 Nyssaceae	56 喜树 *Camptotheca acuminata*	乳源、紫金、连南、仁化、乐昌、南雄、连山、怀集、高要	D	单种属；海拔 250～1 500m
19 金莲木科 Ochnaceae	57 合柱金莲木 *Sinia rhodoleuca*	怀集、封开、连山	S	单种属；国家 2 级保护植物；稀有种；海拔 500～1 000m
20 罂粟科 Papaveraceae	58 血水草 *Eomecon chionantha*	乳源、乐昌、连南	P	单种属；海拔 300～1 800m
21 茜草科 Rubiaceae	59 绣球茜 *Dunnia sinensis*	台山、阳江、阳春、新会、龙门、珠海	S	单种属；国家 3 级保护植物；濒危种；广东特有属；海拔 290～560m
22 芸香科 Rutaceae	60 枳 *Poncirus trifoliata*	乳源	D	单种属；海拔 340～1 400m

（续）

科 名	种 类	分布地点	性状	备 注
23 无患子科 Sapindaceae	61 细仔龙 *Amesiodendron chinense*	海南东方、乐东、崖县、保亭、陵水、琼海、万宁、屯昌	E	少种属；省级保护植物；海拔 300～1 000m
	62 伞花木 *Eurycorymbus cavaleriei*	乐昌、阳山、乳源、平远、连县	D	单种属；国家 2 级保护植物；稀有种
24 大血藤科 Sargentodoxaceae	63 大血藤 *Sargentodoxa cuneata*	乐昌、新兴、乳源、仁化、高要	L	少种属；海拔 440～1 800m
25 省沽油科 Staphyleaceae	64 银鹊树 *Tapiscia sinensis*	乐昌、怀集	D	少种属；国家 3 级保护植物；稀有种；海拔 720～1 800m
26 玄参科 Scrophulariaceae	65 田玄参 *Sinobacopa quatica*	花县，海南陵水	A	单种属
27 安息香科 Styracaceae	66 陀螺果 *Melliodendron xylocarpum*	乐昌、仁化、乳源、连山、龙南、始兴、阳山、英德、南雄、平远	D	单种属；海拔 600～1 300m
	67 秤锤树 *Sinojackia henryi* 68 狭果秤锤树 *S. rehderiana*	乳源、乐昌 乳源	D	少种属；濒危种；海拔 100～1 800m
28 山茶科 Theaceae	69 圆籽荷 *Apterosperma oblata*	阳春、信宜	E	单种属；国家 2 级保护植物；稀有种；海拔 600m
	70 猪血木 *Euryodendron excelsum*	阳春	E	单种属；国家 2 级保护植物；濒危种；海拔 50～150m
	71 多瓣核果茶 *Parapyrenaria multisepala*	尖峰岭	E	单种属；海南特有属；海拔 90～1 440m
29 椴树科 Tiliaceae	72 海南椴 *Hainania trichosperma*	海南崖县、乐东	E	单种属；省级保护植物；海拔 300～500m
30 榆科 Ulmaceae	73 青檀 *Pteroceltis tatarinowii*	乳源、阳山	D	单种属；稀有种；海拔 200～1 700m
31 荨麻科 Urticaceae	74 舌柱麻 *Archiboehmeria atrata*	信宜、云浮、肇庆、连山、始兴、英德、翁源，海南陵水	S	单种属；国家 3 级保护植物；稀有种；海拔 1000～1 500m
32 兰科 Orchidaceae	75 梅兰 *Sinorchis simplex*	梅县	P	单种属；广东特有属；海拔 200m

（续）

科 名	种 类	分布地点	性状	备 注
33 禾本科 Poaceae	76 小酸竹 *Acidosasa gracilis* 77 酸竹 *A. chinensis*	阳春 新会	P	少种属；省级保护植物；海拔 500～1 600m
	78 射毛悬竹 *Ampelocalamus actiotrichus*	海南崖县、乐东	P	单种属；海南特有属；海拔 600m
	79 无芒山涧草 *Chikusichloa mutica*	仁化、从化和海南保亭、琼中	P	少种属；海拔 480～800m
	80 绒耳寒竹 *Gelidocalamus velutinus* 81 近实心寒竹 *G. subsolidus*	海南 郁南、信宜	P	多种属；海拔 200～1 200 m
	82 异枝竹 *Metasasa carinata*	新会	P	单种属；广东特有属；海拔 100m
	83 单枝竹 *Monocladus saxatilis* 84 响子竹 *M. levigatus*	阳山 海南崖县、万宁	P	少种属；海拔 300～800m
	86 少穗竹 *Oligostachyum gracilipes* 86 林竹子 *O. muspiculum* 87 鼎湖少穗竹 *O. pulchellum* 88 秀英竹 *O. shiuyingianum* 89 多花少穗竹 *O. puberulum* 90 信宜少穗竹 *O. heterolodiculum*	海南陵水 高要 南雄 信宜	P	多种属
	91 刺毛头黍 *Setiacis diffusa*	海南琼中、白沙	P	单种属；海南特有属

注：(1) 在本表的性状描述中，E 表示常绿乔木（Evergreen trees），D 表示落叶乔木（Deciduous trees），S 表示灌木（Shrubs and half-shrubs），P 代表多年生草本（Perennial herbs），A 表示 1 年生草本（Annual herbs），L 表示藤本（Lianas）。

(2) 本表是参考陈邦余（王荷生，1985）、陈介（陈介，1979，1984）、方云亿（方云忆和金联城，1989）、洪德元（洪德元，1987）、贾良智（贾良智等，1988）、石铸（石铸，1987）、王瑞江（王瑞江等，1998）、王文采（王文采，1981，1984，1990）、温太辉（温太辉，1982）、吴德邻（吴德邻，1988）、邢福武（邢福武等，1995）、曾庆波（曾庆波等，1995）、Middleton（Middleton，1996）等资料以及地方性植物志编写而成。

尽管对中国种子植物特有属数量的多少有不同的统计结果，我们仍参考王荷生（王荷生，1985）对中国种子植物特有属的数量分析结果，发现海南省与广东省所产的中国种子植物特有属相似性系数为 5.6%，它在一定程度上说明了两省的中国特有属的关系疏远；而广东南与邻近省区如广西、福建、湖南、江西省分别为 30.8%、28.8%、27.7%和 31.1%，说明彼此间特有属的关系比较亲近或亲近。因此，我们认为，在第四纪地壳经历了沉陷，海南岛与广东大陆被海水隔开后，海南岛上的物种因失去了“陆桥”而大大减少了与广东大陆物种基因的交流，并引起了物种的分化，从而形成了一些新特有属。广东大陆则因为与邻近地区没有产生地理隔离，在特有属的丰富度上彼此有亲近或较亲近的关系。

从这 62 属植物的分布地点来看，广东省北部地区，如乳源、连山、连南、阳山、乐昌、翁源、曲江、英德、连平等市县，和广东省西部地区，如怀集、郁南、肇庆、阳春、阳江、封开等市县，以及海南省的保亭、琼中、乐东、白沙等县为这些植物分布较为集中的地区，而这些市县多地处山区。粤北山地（大庚岭、石人嶂、九连山、罗浮山等）、粤西山地（云开大山、云雾山等）和海南省的中部和南部的五指山、尖峰岭和霸王岭等地区成为这些植物的主要生长地，同时，这些地区也成为它们避免外界危害的避难所。

在本地区分布的中国种子植物特有属，被列为国家2级保护的珍稀濒危植物有10属10种，被列为国家3级保护的植物有5属5种，省级保护植物5属5种，共占本地区所产中国种子植物特有属数的32.3%，并且占本地区珍稀濒危物种总属数（张金泉，1997）（85属，不包括蕨类，下同）23.5%，总种数（105种，包括变种）的19%。此外，在本地区所产的特有属植物中，被确定为濒危植物的有4种，稀有植物的有11种，渐危植物的有2种。由此可见，本地区所产的中国种子植物特有属的种类也是受威胁植物种中的一部分，特有属的生物多样性也是本地区生物多样性的一个组成成分。同时，保护本地区分布的中国种子特有属植物对保护珍稀濒危植物和促进植物多样性的繁荣具有重要的意义。

3 生活型分析

生活型是植物生态学的基本单位，是不同植物在其长期演化过程对同一环境条件、特别是气候条件和土壤条件等生活环境综合因子适应的形态特征，它反映了植物与环境之间的关系。根据Drude等人以植物的形态、外貌和生活方式为基础的生活型分类标准，我们将本地区所分布的中国种子植物特有属的生活型分类进行统计并列于表2和图1。

表2 种子植物特有属在广东及海南地区的生活型统计

	常绿乔木	落叶乔木	灌木和半灌木	多年生草本	1年生草本	藤本	总计
双子叶植物	12	10	7	16	3	2	50
单子叶植物				9			9
裸子植物	3						3
总计	15	10	7	25	3	2	62
比例（%）	24.2%	16.1%	11.3%	40.3%	4.9%	3.2%	100%

从表2和图1中可以看出：（1）本地区所产的中国种子植物特有属中的单子叶植物属均为草本植物。所有的草本属（28属）占同类属的将近一半（45%）的比例，表现最为突出的是多年生草 本属，有25属占41%，其中大部分属为年青的新特有属，如爵床科的叉序草属（*Chingiacanthus*）、苦苣苔科的扁蒴苣苔属（*Cathayanthe*）、报春苣苔属（*Primulina*）、梅兰属（*Sinorchis*）以及禾本科中的各属。（2）木本属（常绿乔木、落叶乔木和灌木、半灌木）共有32属，占同类属的一半以上（51.6%），其中大多数属为单种属，少数为少种属，它们在系统发生上属于比较原始的一类，特别是一些常绿乔木，如白豆杉属、山铜材属、半枫荷属以及木兰科、山茶科诸属等。（3）多年生草本属和常绿乔木属为生活型谱的两个主要部分，两者共40属，约占同类属的65%，大大超过了所有草本植物属所占的比例，这显示了本地区长期特有属以热带和亚热带类型为主要特征。

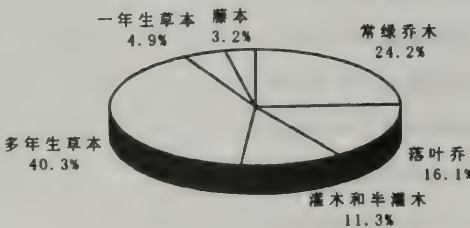


图1 本地区所产的中国种子植物特有属的生活型谱（%）

4 本地区所产的中国种子植物特有属的分布类型

中国种子植物特有属在全国各地区的分布是极不平衡的，主要集中在西南和华南地区，从中可以看出我国特有属的分布和发生与地史、地貌和气候等因子有密切的关系。现依据王荷生（王荷生，1985）提出的将全国特有属分为西南、华南、华中、华东、华北—东北和西北6个地理组的观点，将本地区所产的62属中国种子植物特有属进行分类，如表3所示。

表3 本地区所产的62个中国种子植物特有属的分布类型

属 \ 分布地区	华南	华北	华中	西南	华北、东北	西北	分布类型及各类型的属数和所占的比例
1 杉木属 *Cunninghamia*	+	+	+	+	+	+	
2 盾果草属 *Thyrocarpus*	+	+	+	+	+	+	
3 地构叶属 *Speranskia*	+	+	+	+	+	+	类型Ⅰ 属数:6 比例:9.7%
4 半蒴苣苔属 *Hemiboea*	+	+	+	+	+	+	
5 枳属 *Poncirus*	+	+	+	+	+	+	
6 银鹊树属 *Tapiscia*	+	+	+	+	+	+	
7 通脱木属 *Tetrapanax*	+		+	+	+	+	
8 山拐枣属 *Poliothyrsis*	+		+	+	+	+	类型Ⅱ 属数:4 比例:6.5%
9 血水草属 *Eomecon*	+	+	+	+		+	
10 青檀属 *Pteroceltis*	+	+	+	+	+		
11 紫菊属 *Notoseris*	+	+	+	+			
12 伯乐树属 *Bretschneidera*	+	+	+	+			
13 青钱柳属 *Cyclocarya*	+	+	+	+			
14 四棱草属 *Schnabelia*	+	+	+	+			
15 拟单性木兰属 *Parakmeria*	+	+	+	+			
16 异药花属 *Fordiophyton*	+	+	+	+			类型Ⅲ 属数:11 比例:17.7%
17 喜树属 *Camptotheca*	+	+	+	+			
18 伞花木属 *Eurycorymbus*	+	+	+	+			
19 大血藤 *Sargentodoxa*	+	+	+	+			
20 陀螺果属 *Melliodendron*	+	+	+	+			
21 酸竹属 *Acidosasa*	+	+	+	+			

（续）

属＼分布地区	华南	华北	华中	西南	华北、东北	西北	分布类型及各类型的属数和所占的比例
22 马蹄参属 *Diplopanax*	+		+	+			
23 观光木属 *Tsoongiodendron*	+		+	+			
24 白豆杉属 *Pseudotaxus*	+	+	+				
25 秤锤树属 *Sinojackia*	+	+	+				类型Ⅳ 属数:6 比例:9.7%
26 寒竹属 *Gelidocalamus*	+	+	+				
27 半枫荷属 *Semiliqridembar*	+	+	+				
28 水松属 *Glyptostrobus*	+		+	+			
29 叉序草属 *Chingiacanthus*	+		+	+			
30 细仔龙属 *Amesiodendron*	+		+	+			
31 无距花属 *Stapfiophyton*	+		+				
32 少穗竹属 *Oligostachyum*	+		+				
33 舌柱麻属 *Archiboehmeria*	+		+				
34 石山苣苔属 *Petrocodon*	+		+				类型Ⅴ 属数:12 比例:19.3%
35 四数苣苔属 *Bournea*	+	+					
36 小花苣苔属 *Chiritopsis*	+	+					
37 双片苣苔属 *Didymostigma*	+	+					
38 山涧草 *Chikusichloa*	+	+					
39 山玄参属 *Sinobacopa*	+	+					
40 驼峰藤属 *Merrillanthus*	+						
41 白水藤属 *Pentastelma*	+						
42 扁蒴苣苔属 *Cathayanthe*	+						
43 圆唇苣苔属 *Gyrocheilos*	+						
44 盾叶苣苔属 *Metapetrocosmea*	+						
45 报春苣苔属 *Primulina*	+						
46 山铜材属 *Chunia*	+						
47 保亭花属 *Wenchengia*	+						
48 棱果花属 *Barthea*	+						
49 卷花丹属 *Scorpiothyrsus*	+						
50 虎颜花属 *Tigridiopalma*	+						
51 多核果属 *Pyrenocarpa*	+						类型Ⅵ 属数:23 比例:37.1%
52 金莲木属 *Sinia*	+						
53 绣球茜属 *Dunnia*	+						

（续）

属＼分布地区	华南	华北	华中	西南	华北、东北	西北	分布类型及各类型的属数和所占的比例
54 圆籽荷属 *Apterosperma*	+						
55 猪血木属 *Euryodendron*	+						
56 核果茶属 *Parapyrenaria*	+						
57 海南椴属 *Hainania*	+						
58 梅兰属 *Sinorchis*	+						类型Ⅵ
59 悬竹属 *Ampelocalamus*	+						
60 异枝竹属 *Metasasa*	+						
61 单枝竹属 *Monocladus*	+						
62 刺毛头黍属 *Setiacis*	+						
总计（分布属数）	62	28	31	26	9	9	
相似性（属数/62）	1.0	0.45	0.5	0.42	0.15	0.15	

从表3可以看出，本地区的62个中国种子植物特有属可以分成下面几个类型：类型Ⅰ，广布属，这些属的植物在6个地理组区域中均有生长，分布范围几乎遍及全国，本类型包括6属，占分布本地区特有属总数的9.7%，主要由落叶乔木、多年生草本和裸子植物组成；类型Ⅱ，相对广布属，这些属的植物在5个地理组区域中生长，分布范围相对较大，本类型包括4属，占分布本地区特有属总数的6.5%，主要是由落叶乔木和多年生草本组成；类型Ⅲ，秦岭—淮河以南分布属，这些属从秦岭—淮河流域向南并经过西南地区东部，本类型有11属，占分布本地区特有属总数的17.7%，主要是由落叶乔木和多年生草本组成；类型Ⅳ，以华南和华中为主要分布中心的属，这些属向东可以分布到华东的部分地区，向西延伸到西南的部分地区，本类型包括6属，占分布本地区特有属总数的9.7%，以常绿乔木为主；类型Ⅴ，以华南为分布中心的属，这些向西南、华中和华东部分地区扩展，本类型有12属，占分布本地区特有属总数的19.3%，主要是多年生草本，兼有常绿乔木；类型Ⅵ，华南特有属，这些属的植物全部分布在华南地区，其中15属为广东省和海南省特有属，本类型有23属，是含有属最多的一个类型，占分布本地区特有属总数的37.1%，主要由多年生草本、常绿乔木和藤本组成。

在表3中，我们将本地区所分布的62属中国种子植物特有属在全国6个地理组区域中的分布状况进行相似性比较，得出各地理组在相似性上有这样的关系：华南（1.0）＞华中（0.5）＞华东（0.45）＞西南（0.42）＞华北—东北（0.15）＝西北（0.15），也就是说，华南组区域的特有属植物与华中组相似性最大，而与华东组和西南组较远，同时，与华北—东北组和西北组相等。

5　结果与讨论

中国种子植物特有属在广东及海南地区自然分布有62属90种5变种，其中裸子植物3属3种，被子植物59属87种5变种。海南岛分布有22属，其中有9属为其特有；广东大陆分布有49属，其中有5属为其特有，这些特有属植物在系统发生和演化上占据了古老—进化

过程中的不同位置，为研究本地区以及中国植物区系提供了基本资料。由于广东和海南地区植被组成及类型非常复杂，其有利的气候和地质条件促进了植物物种的产生和分化，由于现有的资料并不完全代表植物物种生长和分布的实际情况，所以很有必要对本地区的植被进行更深入的调查，以兰科植物为例，海南岛的兰科植物非常丰富，目前资料所记载的兰科植物种类只是其中的一部分，有许多新的或特有的种类仍未被人们所发现。

从本地区所产的中国种子植物特有属以其所归的科角度来分析，苦苣苔科、禾本科和野牡丹科含特有属比例较高，约占分布本地区特有属总数的 35.5%，同时这些科也属于泛热带分布，从中也可反映出本地区特有属的热带亲缘；并且常绿乔木和多年生草本植物特有属在本地区所产的中国种子植物特有属中所占比例高达 64.5%，从而显示了本地区特有属植物的热带性。

根据分布范围将 62 属中国种子植物特有属分为以下 6 个类型：广布属、相对广布属、秦岭—淮河以南分布属、以华南和华中为主要分布中心的属、以华南为分布中心的属和华南特有属，其中华南特有属包括 23 属，占同类属的 37.1%。从各属的分布地点可以看出，广东省的粤北和粤西以及海南省的五指山地区为本地区所产中国种子植物特有属的主要分布中心。

此外，将华南地理组特有属与其他地理组的进行相似性比较发现，华南组与华中、华东和西南组比较接近，这可能是因为两者在地理位置上障碍不大，有利于植物的基因交流；另一方面，也因为本地区的特有属有一部分分布在粤北山地，这里与华中地区较为接近，并且同属北亚热带和中亚热带，在植被类型方面有较大的相似性。华南组与华东—东北组和西北组则相似性非常差，除了一些广布属和相对广布属外，几乎没有其他的属可以分布到这些地区，地理和气候的因素成为导致这种结果的主要原因。

参考文献

陈邦余等（主编）.1990. 广东山区植物区系. 广州：广东科技出版社
陈介.1979. 野牡丹科一新属——虎颜花属. 云南植物研究，1（2）：106～108
陈介.1984. 野牡丹科. 中国植物志（第五十三卷）. 北京：科学出版社
陈介.1984. 中国野牡丹科植物志资料. 植物研究，4（3）：57～64
方云亿，金联城.1989. 夹竹桃科. 浙江植物志. 杭州：浙江科技出版社，5：153
广东省植物研究所（主编）.1976. 广东植被. 北京：科学出版社
洪德元.1987. 田玄参属——玄参科一新属. 植物分类学报，25（5）：393～395
贾良智等.1988. 竹亚科一新属——单枝竹属. 植物分类学报，26（3）：211～216
石铸.1987. 菊科福王草属的分类界限及中国菊科植物一新属——紫菊属. 植物分类学报，25（3）：189～203
斯行建，周志炎.1962. 中国中生代陆相地层. 全国地层会议学术报告汇编. 北京：科学出版社
王荷生.1985. 中国种子植物特有属的数量分析. 植物分类学报，23（4）：241～258
王荷生.1989. 中国种子植物特有属起源的探讨. 云南植物研究，11（1）：1～16
王荷生（主编）.1992. 植物区系地理. 北京：科学出版社
王荷生，张镱锂.1994. 中国种子植物特有属的生物多样性和特征. 云南植物研究，16（3）：209～220
王瑞江等.1998. 国产红树林植物的染色体计数. 热带亚热带植物学报，6（1）：40～46
王文采.1981. 苦苣苔科五新属. 植物研究，1（3）：21～51
王文采.1984. 华南苦苣苔科二新属. 植物分类学报，22（3）：185～190

王文采．1990．苦苣苔科．中国植物志（第六十九卷）．北京：科学出版社
温太辉．1982．中国竹亚科．1982．中国竹亚科一新属与若干新种．竹子研究汇刊，1（1）：20～45
吴德邻（主编）．1988．广东珍稀濒危植物图谱．北京：中国环境科学出版社
邢福武等．1995．海南岛特有植物的研究．热带亚热带植物研究，3（1）：1～12
徐俊鸣（主编）．1957．广东自然地理特征．广州：广东人民出版社
应俊生，张志松．1984．中国植物区系中的特有现象——特有属的研究．植物分类学报，22（4）：259～268
应俊生，张玉龙（主编）．1994．中国种子植物特有属．北京：科学出版社
曾庆波等（主编）．1995．海南岛尖峰岭地区生物物种名录．北京：中国林业出版社
张金泉（主编）．1997．广东省自然保护区．广州：广州旅游出版社
Middleton, D. J. 1996. Revision of Aganonerion, Parameria, Urceola. Blumea, 41（1）：69～122

STUDIES ON THE ENDEMIC GENERA OF CHINESE SEED PLANTS FROM GUANGDONG AND HAINAN REGION

Wang Ruijiang

(South China Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650)

The tropical and subtropical climates, together with little influences of the Quaternary ice age, provided important habitats for seed plants to evolve generation and diversify themselves. There are 62 endemic genera (including 90 species and 5 varieties) of Chinese seed plants distributed in this area. Of them, 3 genera belong to Gymnospermae and 59 genera belong to Angiospermae. Thirty-seven mono-species genera made up 59.7% of the total endemic genera (62) of Chinese seed plants from Guangdong and Hainan Provinces. There are 15 genera endemic to this area.

The endemic genera from gesneriaceae, Poaceae and Melastomataceae make up 35.5% of the total 62 genera. Based on the statistics to the life form of these genera, the genera of herbaceous plants contribute a substantial proportion (45%), and perennial herbs and evergreen trees, which sum to 40 genera together, are the main life forms. Moreover, perennial herbs and evergreen trees are important components of the tropical and subtropical flora.

The 62 genera can be divided into 6 groups according to their distribution ranges. Group Ⅰ: genera distributed widely (6 genera). Group Ⅱ: genera distributed relative widely (4 genera). Group Ⅲ: genera limited to the South area from Qingling Mountain to Huaihe river (11 genera). Group Ⅳ: genera distributed mainly in South China and Central China proper (6 genera). Group Ⅴ: genera distributed mainly in South China (12 genera). Group Ⅵ: genera endemic to South China (23 genera).

The N. & W. Guangdong and Wuzhishan Mountain in Hainan province are the

important areas for the endemic genera of Chinese seed plants according to the statistics of the location of every genus from Guangdong and Hainan.

Key words: Seed plants, Endemic genera, Life forms, Distribution type, Guangdong and Hainan

香港原生兰花的保育工作

萧丽萍　周锦超
（嘉道理农场暨植物园、香港特别行政区、新界、大埔、林锦路）

摘要　香港位处热带，在地理位置和物理环境的有利条件下使得香港的生物多样性十分丰富。然而，在人为因素影响下，香港境内的原生动、植物种及其天然的生境却要在急速的城市发展与非法盗伐、采集或捕猎的情况下挣扎求存。兰科植物也是其中受到威胁的一群。

香港的原生兰花共有122种及4个变种。目前，约有10个种已在本地灭绝了，而余下的物种有超过半数是珍稀濒危的，其中更包括了香港的特有种（如杨氏石豆兰等）。七十年代初，紫纹兜兰（香港拖鞋兰）原是广泛分布于香港而植株数目也不少，却因具高度的观赏价值而被大量非法采集。如今，香港的郊野地区已不易看到它的踪影。墨兰在野外就更是难得一见。另一个例子是小叶寄树兰（露碧兰），它在香港的野生种群数量较少，最近更因基建工程的施工而将其中一处植株数目较大之种群的生境破坏了。这迫使我们必需正视这些物种的保育工作。虽然政府方面早已立法来保护它们，但在法律以外的保育工作亦需加强。香港嘉道理农场暨植物园在这方面正扮演了重要的角色，透过基本资料的搜集（包括物种的鉴定、物种的分布和种群数量的调查与评估），从而对珍稀濒危种进行大量繁殖以至重新恢复野生种群数量等等的措施正积极地进行。

关键词　香港　兰花　生物多样性　保育

1　香港原生兰科植物的多样性

香港位于热带北缘，地处广东沿海丘陵地带，受着季风的影响，有着明显的季节变化。在地理位置和物理环境的有利条件下丰富了香港的生物多样性。对香港的原生兰科植物来说也不例外。根据陈和吉（1998）从考德斯勒系统（Dressler，1981，1993）演化而来的兰科分类系统，中国兰科植物的六亚科、十七族、廿六亚族及一百七十三属当中，香港原生兰科植物分别包含了所有的亚科、十四族、十五亚族及五十二属（表2），就只有一个属（满氏兰属-*Manniella*）是不包括在中国的所有属内，包含有全国30%的属。于五十三属中，共有一百廿二种及四变种。根据表1的数据，与中国其他热带地区作比较，云南省西双版纳含有全国55%的属和334种、海南省含41%的属和181种、台湾省亦含55%的属和320种。对这面积只有1 090km² 的弹丸之地来说，兰科植物也算是相当丰富。

表 1　香港特别行政区与云南省西双版纳（吉占和和陈心启，**1995**）、**海南省**（唐进和陈心启，1977；吉占和等，1995）**及台湾省**（陈心启，1998；Chen，Singchi & Tsi，Zhanhuo，1996）**之原生兰科植物多样性比较**

省份/地区	总面积 (km²)	属数（占全国总属数%）	种数	附生兰属数（%）	万带兰族属数（%）
香港特别行政区	1 090	53*（30）	122	14（26）	6（11）
云南省-西双版纳	19 690	96（55）	334	52（54）	31（32）
海南省	32 000	71（41）	181	38（53）	21（30）
台湾省	36 000	96（55）	320	38（40）	20（21）

* 其中有一属（满氏兰属-*Manniella*），不包括在中国现有的属内。

表 2　香港特别行政区原生兰科植物与不同地区之比较（林赞标，1975，1977，1987；应绍舜，1977，1990，1996；唐进和陈心启，1977；吴德邻，1994；吉占和等，1995；陈心启，1998；陈心启和和吉占和，1998；Chen，Singchi & Tsi，Zhanhuo，1996）

排序	属名	所含种数 香港特别行政区	云南省西双版纳	海南省	台湾省	中国	全世界
1	*Acampe* 脆兰属	1	2	+	+	3	5
2	*Acanthephippium* 兰属	1	2	0	+	3	10
3	*Ania* 安兰属	2	3	+	+	4	5
4	*Anoectochilus* 开唇兰属	1	3	+	+	12	35
5	*Aphyllorchis* 无叶兰属	1	2	+	+	5	20
6	*Appendicula* 牛齿兰属	1	0	+	+	3	150
7	*Arundina* 竹叶兰属	1	1	+	+	1	5
8	*Bletilla* 白芨属	1	0	0	+	4	5
9	*Brachycorythis* 苞叶兰属	1	1	0	0	2	32
10	*Bulbophyllum* 石豆兰属	11	40	+	+	~100	~1 000
11	*Calanthe* 虾脊兰属	4	5	+	+	48	150
12	*Cephalantheropsis* 黄兰属	1	1	+	+	2	6
13	*Cheirostylis* 叉柱兰属	5	2	+	+	10	20
14	*Cleisostoma* 隔距兰属	3	2	+	+	16	100
15	*Coelogyne* 贝母兰属	3	10	+	+	26	200
16	*Collabium* 吻兰属	1	0	+	+	4	11
17	*Cryptostylis* 隐柱兰属	1	0	+	+	1	15
18	*Cymbidium* 兰属	5+1var.	11	+	+	29	50
19	*Dendrobium* 石斛兰属	4	43	+	+	76	~1 000
20	*Diploprora* 蛇舌兰属	1	1	+	+	1	4
21	*Disperis* 双袋兰属	1	0	0	+	2	75
22	*Epipogium* 虎舌兰属	1	1	+	+	2	2

（续）

排序	属名	所含种数 香港特别行政区	云南省西双版纳	海南省	台湾省	中国	全世界
23	*Eria* 毛兰属	6	22	+	+	～30	370
24	*Eulophia* 美冠兰属	3	1	+	+	14	200
25	*Gastrochilus* 盆距兰属	1	5	+	+	24	40
26	*Geodorum* 地宝兰属	1	2	+	+	5	10
27	*Goodyera* 斑叶兰属	5+1var.	3	+	+	～25	40
28	*Habenaria* 玉凤花属	7	12	+	+	～70	600
29	*Hetaeria* 翻唇兰属	2	1	+	+	3	20
30	*Liparis* 羊耳蒜属	8	12	+	+	52	250
31	*Ludisia* 血叶兰属	1	0	+	0	1	1
32	*Malaxis* 沼兰属	3+1var	9	+	+	～21	300
33	*Manniella* 满氏兰属	1	0	0	0	1	3
34	*Mischobulbum* 球柄兰属	1	0	0	+	3	5
35	*Nephelaphyllum* 云叶兰属	1	0	+	+	1	18
36	*Nervilia* 芋兰属	1	2	+	+	2	80
37	*Neuwiedia* 三蕊兰属	1	0	+	0	1	10
38	*Pachystoma* 粉口兰属	1	0	+	+	1	8
39	*Paphiopedilum* 兜兰属	1	2	+	0	18	～67
40	*Pecteilis* 白蝶兰属	1	2	+	0	2	7
41	*Peristylus* 阔蕊兰属	7+1var.	4	+	+	～20	60
42	*Phaius* 鹤顶兰属	2	6	+	+	8	40
43	*Pholidota* 石仙桃属	2	4	+	+	14	30
44	*Platanthera* 舌唇兰属	2	1	+	+	30	150
45	*Robiquetia* 寄树兰属	1	1	+	+	2	40
46	*Spathoglottis* 苞舌兰属	1	1	0	+	3	46
47	*Spiranthes* 绶草属	2	1	+	+	2	50
48	*Tainia* 带唇兰属	1	2	+	+	4	10
49	*Thelasis* 矮柱兰属	1	1	+	+	2	20
50	*Thrixspermum* 白点兰属	1	3	+	+	12	120
51	*Tropidia* 竹径兰属	1	2	+	+	4	20
52	*Vrydagzynea* 二尾兰属	1	0	+	+	1	40
53	*Zeuxine* 线柱兰属	4	3	+	+	14	50

从属含种的数量来看，则大多数的属所含种数都是偏低，如表2所列含种数一个的属有32个（60%），含种数两个的属有6个（11%），含种数五个或以上的属则只有8个（15%）。其中以泛热带分布之石豆兰属（11种）所含种数最多，其次为羊耳蒜属（8种）、阔蕊兰属（7种及1变种）、玉凤兰属（7种）、毛兰属（6种）、兰属（5种及1变种）、斑叶兰属（5种

及1变种)及叉柱兰属(5种)。当中有10%为特有种,例如白理桃安兰(*Ania ruybarrettoi*)及杨氏石豆兰(*Bulbophyllum youngsayanum*)等等。同时,亦有接近10种的原生兰是本地灭绝了(如球柄兰-*Mischobulbum cordifolium*)。从生长习性来看,香港的原生兰有三分之二为地生,三分之一为附生,而只有三个种是腐生。

虽然兰科被列为香港高等植物的三大科之一,但对于其分类及保育现状的研究却不多,较重要的著作及报告分别有胡秀英博士撰写的《香港兰科属志》(The Genera of Orchidaceae in Hong Kong,1977)、白理桃女士与杨氏合著的《香港兰花》(Hong Kong Orchids,1980)、任氏的博士论文(Conservation,Ecology and Propagation of the Wild Orchids of Hong Kong,1989)、徐氏的硕士论文(Conservation and Propagation of Wild Orchids in Hong Kong,1992),以及香港嘉道理农场暨植物园的年报(1996及1998)等。

2 威胁的来源

香港原生兰科植物所受到的威胁与世界各地的情况相类似,主要可归纳为两大主因。

第一是生境遭受破坏:由于香港地少人多,对土地的需求殷切。在急速的城市发展下很多的生境遭到破坏,使得存活于其中的物种数量大减甚或消失。近年来最明显的例子就是小叶寄树兰(*Robiquetia succisa*),它在香港的分布是较局限量亦少,因新机场配套之大型基建项目—三号干线的施工令到位于新界西部深井一处拥有野生种群数量较大的生境遭受破坏。在九八年初的快速调查中只能在该区记录到两植株而矣。对于在全港郊野地区接踵而来的基建项目及房地产发展,确实是对这些珍稀濒危植物的存活与繁衍埋下了极大的隐忧。

第二是非法的采集:基于一些原生种具有极高的观赏价值和药用功能而被大量地偷采作贩卖或自用。在观赏方面受害最大的莫如紫纹兜兰(*Paphiopedilum purpuratum*)及墨兰(*Cymbidium sinense*)。前者在七十年代初仍是分布广、数量也不少,而后者的分布虽较局限、但数量亦不少。但现今的紫纹兜兰已被列为稀有种,总数量的下降率达到80%,而墨兰更被列为濒危种,在九六至九八年的全港性调查中只能找到一丛野生的植株。

在药用方面可以血叶兰(*Ludisia discolor*)为例,20世纪70年代初它在新界东部的分布不少,如今它已被列为稀有种,现存种群数量较大的分布点只剩下两个。根据野生种群的分布,数量及面临威胁的程度来划分,目前,香港已有超过50%的原生种被列为稀有或濒危。

3 保育计划的实施与成效

香港嘉道理农场暨植物园于一九九四年正式开展自然保育及教育工作,对原生的动、植物进行科学化的保育工作。基于该园在原生兰花的分类及某培方面有较好的基础,再针对目前原生兰花所面临之困境而制定了一系列的就地及迁地保育措施,期望对这些原生兰花,特别是珍稀濒危种的存活有正面的帮助。该保育措施及成效如下:

第一,进行全港性的调查:调查项目包括原生种之分布、种群数量及所面临之威胁等。在一九九六至一九九八年的全港性快速调查下,综合不少于九十个具代表性的地点所得的调查结果,使得总种数的纪录由119种增至122种,而有一个种(短穗竹茎兰-*Tropidia curculigoides*)原先已被列为本地灭绝了,却被发现了一个新分布点共有四株,其他的珍稀濒危

种如黄花毛兰（*Eria pubescens*）-稀有种、剑叶石斛（*Dendrobium acinaciforme*）-濒危种及谢氏石豆兰（*Bulbophyllum tseanum*）-濒危及特有种等等也有新分布点的发现。这些调查结果将会作为“香港生物多样性调查”的一部分，利用这些调查结果可清晰地将香港动、植物的现况反映出来。从而令特区政府能制定出适切的长、中、短期保育政策或方案，把人类活动与自然界的冲突降至最低的水平。

表3 利用无菌种子培养而成功地萌发的香港原生兰花

种名	现况
Acampe rigida	广布种—数量中
Ania hongkongensis	广布种—数量多
Ania ruybarrettoi	特有种并稀有
Anoectochilus yungianus	特有种并稀有
Arundina graminifolia	广布种—数量多
Bletilla striata	本地已灭绝
Bulbophyllum ambrosia	广布种—数量多
Bulbophyllum affine	濒危种
Bulbophyllum delitescens	濒危种
Cephalantheropsis gracilis	广布种—数量少
Cleisostoma rostratum	广布种—数量多
Cleisostoma simondii	广布种—数量多
Cymbidium aloifolium	本土已灭绝
Dendrobium lindleyi	本土已灭绝
Dendrobium loddigesii	濒危种
Eria rosea	稀有种—分布较窄
Eria pubescens	稀有种—分布极窄
Geodorum densiflorum	广布种—数量少
Goodyera floiosa	稀有种—分布极窄
Habenaria dentata	广布种—数量中
Hetaeria nitida	濒危种
Liparis ferruginea	濒危种
Liparis stricklandiana	广布种—数量中
Liparis viridiflora	广布种—数量中
Malaxis acuminata var. *biloba*	稀有种—分布较窄
Nephelaphyllum cristaum	稀有种—分布较窄
Phaius c. f. *magniflorus*	濒危种
Phaius tankervilliae	广布种—数量中
Pholidota cantonensis	濒危种
Pholidota chinensis	广布种—数量多
Robiquetia succisa	稀有种—分布较窄
Spiranthes hongkongensis	特有种、濒危
Thrixspermum centipeda	稀有种—分布较窄
Zeuxine strateumatica	广布种—数量中

第二，采集活标本作研究及繁殖用：移植极少量的活植株进行物种的鉴定及生长过程之研究。另一方面，亦进行人工授粉的工作，确保兰花蒴果特别是珍稀濒危种的供应，以利于有性繁殖之进行。由于兰科植物绝大部分是必须要有花才能准确鉴定至种的层面，但在一般的野外调查，倘若遇上一些怀疑是新种、香港新分布或营养器官极为相似的种，却又未能遇上它的花期，在种群数量许可下活野生标本的移植是非常有利于进一步的鉴定工作。如上所述过往三年的调查所发现的三种香港兰科新记录，其中两种（吻兰-*Collabium chinense* 及对生毛兰-*Eria pusilla*）均是利用了这移植的方法而被成功地鉴定出来。在生长过程的研究方面，开花、结果及种子萌发的时间及特殊生长条件都被掌握，这可大大改进人工栽培的技术及有利于配合野外采果作繁殖用的时间安排。

第三，利用组织培养技术进行大量繁殖以减低野生种群受到破坏：这措施正是世界保育同盟（IUCN）对野生兰花保育所推荐的方法之一。目前本园已成功地运用无菌种子培养令超过三十种的原生兰花成功地萌发（附表 3），而绝大部分的萌发率都比自然萌发率高得多，例如白芨（*Bletilla striata*）和黄花毛兰（*Eria pubescens*）萌发率则高达 90%以上。但有一些原生种却较难萌发，如三褶虾脊兰（*Calanthe triplictat*）及婴毛兰（*Eria sinica*）等，一些珍稀濒危种则因难以获得种子而仍未能尝试用这方法作大量繁殖（如紫纹兜兰-*Paphiopeilum purpuratum*）。虽然初期的成效已见，但本园仍需努力改善现有的基础并会多采集来自不同种群的种了，以保存更丰富的基因多样性。同时，也会多尝试利用其他材料来获得大量的植株。

第四，重新引种植株回合适的野外生境以恢复及保持野生种群的数量：利用经有性或无性方法繁育出来的植株，重引种回野外合适生境中是一种有效的方法也是这系列保育措施中最终的一环。但这措施必须经过严谨的重引种试验才能大规模进行。目前，本园正于园内自然生境设立重引种试点，以观察及研究那些经过成功健化的原无菌苗能否于相似的自然生境中存活下来，又或会遇上那一些的问题而有碍生长甚或死亡。纹瓣兰（*Cymbidium aloifolium*）和美花石斛（*Dendrobium loddigesii*）正在试验中，试验所得的资料对日后进行大规模的重引种是非常重要。

除上述之四大措施外，本园更注重与国内外相关单位和科研机构的联系与合作，使兰花保育工作的讯息及成果能更快速地相互交流。另一方面，亦尽力加强市民大众对原生兰花保育的意识及认知，如教育展板的设置和开放部分繁殖基地以实物作教材来加深人们的关注等。

4 结论

香港原生兰花的保育工作经过了三年多来科学化及系统化的运作，在原生兰花的现况调查项目上已奠定了一个较完备的资料库，使现有的种数由 119 种增至 122 种，也有不少新分布点的发现。目前，将珍稀濒危种自低萌发率借无菌种子培养来提高，透过严谨的健化过程而促使原无菌苗健康地在有菌的环境中生长，并在试验阶段下重新引种回合适的生境中。当试验成功后，我们将可成熟地运用这套保育措施顺利地将所有原生的珍稀濒危种保护及繁衍起来，大大地减低它们被灭绝之危机。若再配合适当的公众环保教育就必能事半功倍，让香港的生物多样性工作继续取得成就。

参考文献

林赞标.1975. 台湾兰科植物，第一册. 南天书局.268
林赞标.1977. 台湾兰科植物，第二册. 南天书局.353
林赞标.1987. 台湾兰科植物，第三册. 南天书局.300
唐进，陈心启.1977. 海南植物志-假兰科及兰科.4：179～180，185～264
应绍舜.1977. 台湾兰科植物彩色图鉴，第一卷. 应绍舜自行出版.564
应绍舜.1990. 台湾兰科植物彩色图鉴，第二卷. 应绍舜自行出版.783
应绍舜.1996. 台湾兰科植物彩色图志，第一卷. 应绍舜自行出版.526
吴德邻主编.1994. 海南及广东沿海岛屿植物名录. 北京：科学出版社，262～276
吉占和，陈心启，丁慎言.1995. 中国海南兰科植物的增补与修订. 植物分类学报，33（3)：576～591
吉占和，陈心启.1995. 云南西双版纳兰科植物. 植物分类学报，33（6)：281～296
陈心启.1998. 台湾和亚洲大陆兰科植物区系之比较研究. 海峡两岸植物多样性与保育学术研讨会市论文集.107～114
陈心启，吉占和.1998. 中国兰花全书. 北京：中国林业出版社，356
Barretto, D. Gloria and Young Saye, J. L. 1980. Hong Kong Orchids. Hong Kong: The Urban Council, 108
Chen, Singchi and Tsi, Zhanhuo. 1996. A review of the orchid flora of Xishuangbanna, Southern Yunnan. Proceedings of the IFCD, 107～113
Dressler, R. L. 1981. The orchids, natural history and classification. Nassachusetts and London: Harvard Univ. Press, 332
Dressler, R. L. 1993. Phylogeny and classification of the orchid family. Nassachusetts and London: Harvard University. Press
Hu, Shiu-ying. 1977. The genera of orchid in Hong Kong. The Chinese University Press, 160
Tsui, Yuk-chun, Prisca. 1992. Conservation and propagation of wild orchids in Hong Kong. The University of Hong Kong, 236
Yam, Tim-wing. 1989. Conservation, Ecology and Propagation of the Wild Orchids of Hong Kong. 1,2:559

CONSERVATION OF NATIVE ORCHIDS IN HONG KONG

Gloria Siu, Lawrence Chau.
(Kadoorie Farm & Botanic Garden; Lam Kam Road,
Tai Po, N. T., Hong Kong SAR, China.)

Hong Kong lies in the tropics. The geographical and physical environments are favourable to nurturing a very rich biodiversity in Hong Kong.

However, due to disturbance by human activities such as urban development, illegal collection and hunting, native wildlife and the habitats they depend on are struggling to survive. Orchids are one of the groups under threat.

There are 122 species and 4 varieties of orchids in Hong Kong. Unfortunately about 10 species are locally extinct and more than half of the rest are considered rare or endangered, including endemics such as *Bublbophyllum youngsayeanum*. In

the early 1970s, the Hong Kong Lady's Slipper Orchid (*Paphiopedilum purpuralum*) was widespread and quite abundant across the territory of Hong Kong. However, it has been suffering from extensive illegal collection over the years due to its high ornamental value, and now it has become quite rare in the wild. *Cymbidium sinense* is another example of a species that is hardly ever seen in the wild anymore!

Another cause of loss is habitat destruction. For instance, one of the larger populations of *Robiquetia succisa*, which has very few wild populations in Hong Kong, was destroyed by infrastructure construction recently. All these facts make it clear that special attention should be given to the conservation of these species.

Although there is already legislation to protect these endangered orchilds, yet more conservation measures are needed. Kadoorie Farm and Botanic Garden plays an important role in this respect. Through gathering of information (including surveys and assessment of distribution and abundance of wild populations and taxonomic studies of species) steps to propagate rare and endangered species in large quantities in order to restore populations in the wild are actively being undertaken.

Key words: Biodiversity, Conservation, Hong Kong, Orchids

国产大黄属植物的生态地理分布*

谢宗强

（中国科学院植物研究所，北京 100093）

摘　要　国产大黄属植物分布于大兴安岭、太行山脉、秦岭、大巴山脉和云贵高原一线以西，以青藏高原东缘为分布中心。在高原东缘的分布中心和高原以西的广大地区，大黄的分布均表现出明显的纬向过渡性；在我国北方，其经向过渡性比较明显。国产大黄属植物的垂直分布幅度达 4 700m，显示出该属极强的生态适应性。但具体到不同的大黄种类，其垂直分布分化明显，体现在有些种类茎生叶退化、基生叶叶表多疣并被毛，以减少高温灼伤和水分蒸腾，因而可生长于海拔 700m 的戈壁滩；有些种类植株矮化、叶基生且革质或苞片反折下垂以抵御冻害，因而可分布至海拔 5 400m 的雪线附近。

关键词　大黄　生态地理分布　地带性植被　生境

分布区是任一植物分类或植物群落在地表（或水域）出现的全部具体分布地点（应俊生，1996)。分布区不仅是地理现象，同时也是历史现象，而且还反映某分类群或植物群落与一定的历史和现今的生存条件的关系，所以分布区与生态学和地理学有着极为密切的联系。对天然药用植物而言，分布区与其药用价值有直接联系。同一种药用植物，某些分布点（分布地）的药材质量优于其他地区，长期以来，人们给予了“地道药材”的概念，并见于历代名家本草文献中。最早的论述可追溯至《神农本草经》，在所收载的 365 种药物中，从药名上即朴素地反映出有关概念，如巴豆、马戟天、蜀椒、蜀枣等。在陶弘景的《本草经集注》中，有关地道药材的概念更加清晰，认为“华阴细辛，弃之如芥”、“自江东以来，小小杂药，多出近道，气力性理，不及本邦”。《唐本草》的论述更加精辟：“窃以动植形生，因方舛性，春秋节变，感气殊功，离其本土，则质同而效异”。到清代，众多医家发现药效不明显的原因之一是地道问题，《药性变通论》指出：“当时初用之始，必有所产之地，此乃本生之土，故气厚而力全。以后移种他方，则地气移而气薄也。”

大黄作为著名药材，自古以来用作“破淤活血，攻下泻热”的主药，认为有“推陈攻新之力，夺关斩将之能”，并与人参、熟地、附子一起被誉为临床中药的“四大金刚”，力峻功奇（殷卫和郑俊华，1993)。然而，大黄资源日渐减少，正品大黄的供应早已不敷临床、制药和国际贸易的需求。长期以来，国内多以统货大黄供应于市，一些非正品或非地道大黄不时在统货中出现。所以，有必要开发更多的大黄资源，其中包括科学地引种正品大黄、正确地认识和使用所谓次品大黄，这将是很有意义的工作（高晓山和陈馥馨，1988)。但有关大黄资

* 中国科学院重大项目（KZ951-A1-202）和国家自然科学基金项目（No. 39470849）共同资助。

源的研究很少，甚至对它们的分布状况尚不清楚。本文通过对国产大黄属 8 个组 40 余种植物的生态地理分布规律的研究，试图为大黄资源的科学研究与开发利用提供参考。

1 研究方法

各种大黄的水平分布地点、垂直分布范围、生境特点，通过查阅下列单位的标本馆（室）的采集记录并结合文献资料（北京师范大学生物系，1993；王文采，1993；山西植物志编委会，1992；吴家坤等 1992；新疆植物志编委会，1992；周以良，1992；马毓泉，1990；安徽植物志协作组，1987；贺士元，1986；马德滋和刘惠兰，1986；刘瑛心，1985；吴征镒，1984，1983；贵州植物志编委会，1982；湖北省植物研究所，1976；高作经和诚静容，1975）获得。它们是中国科学院植物研究所、昆明植物所、成都生物所、西北高原生物所、兰州沙漠所，中国医学科学院药用植物所，北京医科大学，西北大学，四川大学，云南大学，兰州大学，西藏高原生物所，西藏药检所，青海药检所。

在了解各种大黄水平分布点的基础上，采用轮廓法（应俊生，1996）研究大黄属的分布规律；垂直分布特点是以各种大黄的垂直分布范围为基础。

2 结果与分析

2.1 国产大黄属植物的水平分布特点

国产大黄属植物分布于我国地势中自西向东的一、二级阶梯，向东不超过大兴安岭、太行山脉、秦岭、大巴山脉和云贵高原一线。在分布区类型中属温带亚洲分布，反映出该属植物性喜温寒的生态特点。青藏高原东缘为我国大黄属植物的分布中心，该区集中了 31 种大黄，占国产大黄的 73.8%。

在青藏高原东缘的大黄分布中心，各种大黄呈现出较为明显的纬度过渡性：自南向北，依次出现的代表性种类有：云南大黄、牛尾七、心叶大黄、垂枝大黄、拉萨大黄、卵叶大黄、菱叶大黄、歧穗大黄，反映出对热量条件的趋异适应性（图 1a）。

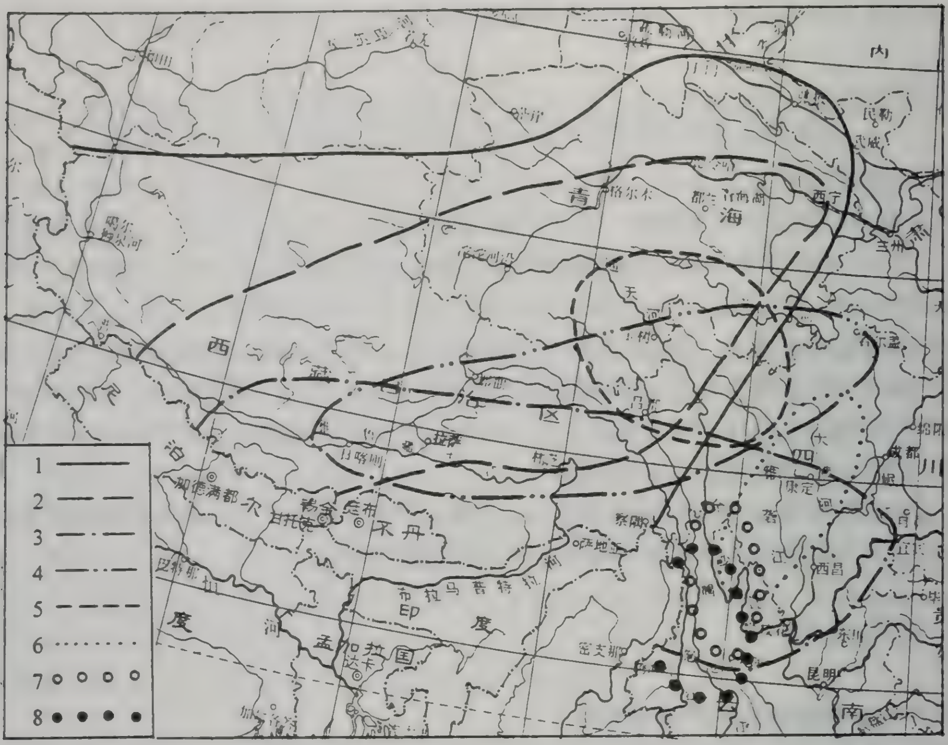
青藏高原东缘一线以西的广大地区，大黄的纬向过渡性依然清晰，表现为从高原南端的头序大黄、心叶大黄向北，依次为藏边大黄、喜马拉雅大黄、菱叶大黄、卵果大黄、网脉大黄、天山大黄、密序大黄（图 1b）。

在我国北方，大黄分布的经向过渡也比较明显，表明各种大黄对水分条件也有不同的适应幅，自东向西，随着降水量的逐渐减少，大黄种类中喜湿润条件的波叶大黄、华北大黄，经适应幅较广的河套大黄过渡至单脉大黄和总序大黄，再向西为矮大黄、密序大黄、天山大黄、枝穗大黄、鞑靼大黄取代（图 1c）。

在亲缘关系上同属一组的大黄，在地理分布上的一致性不尽相同。如波叶组的 13 叶大黄在地理分布上分化成 3 个区域：青藏高原区、北方区和西北区，显示出生态适应性上的明显分化，而光茎大黄处于青藏高原区和北方区之间，具有一定的过渡性（图 2a，b，c）。而心叶组的 6 种大黄相对集中于青藏高原的东南缘，它们对生境的趋同性较明显（图 3）。

2.2 国产大黄属植物的垂直分布规律

华北大黄、矮大黄、波叶大黄 3 种大黄在海拔 1 000m 下有天然分布，它们与其余大黄相



本图上中国国界线系按照中国地图出版社1989年出版的1:400万《中华人民共和国地形图》绘制

图1a 国产大黄属植物的水平分布格局

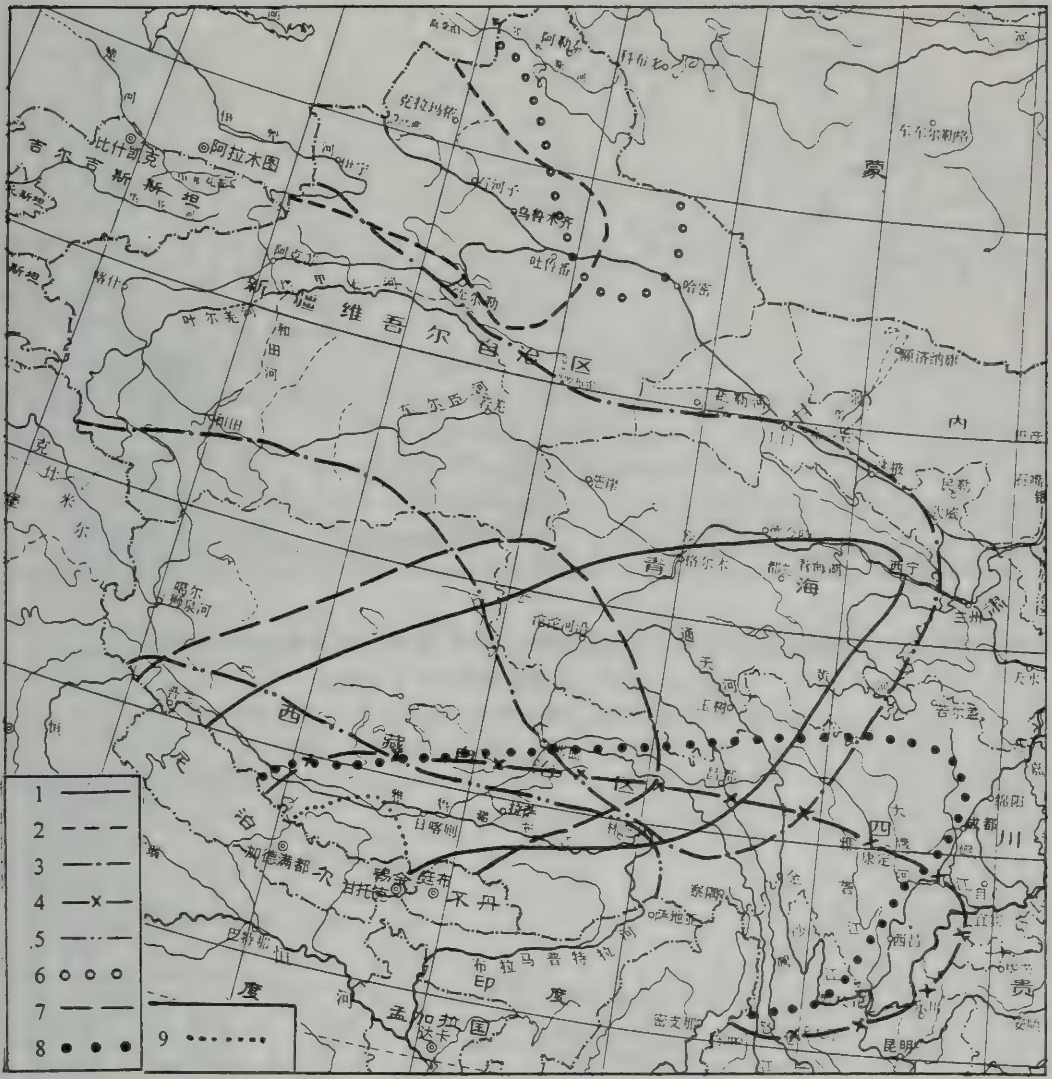
1岐穗大黄 2菱叶大黄 3心叶大黄 4拉萨大黄 5卵叶大黄 6垂枝大黄 7牛尾七 8云南大黄

比，适应夏季高温的能力较强；苞叶大黄、藏边大黄、卵果大黄、塔黄、网脉大黄、菱叶大黄、岐穗大黄、穗序大黄这8种大黄在海拔5 000m以上有分布，其中藏边大黄、卵果大黄、菱叶大黄、穗序大黄等四种大黄可分布至雪线附近（5 400m），显示出极强的耐寒性（图4）。

头序大黄、红脉大黄、拉萨大黄、丽江大黄、卵果大黄、塔黄、药用大黄、藏东大黄、卵叶大黄、菱叶大黄、西藏大黄、喜马拉雅大黄、云南大黄等14种大黄只在海拔3 000m以上的高山地带分布，属于大黄家族中的喜寒种类。其中，头序大黄、西藏大黄属于大黄属中最惧炎热的种类。而阿尔泰大黄、密穗大黄、华北大黄、河套大黄、矮大黄、秦岭大黄、总序大黄、枝穗大黄、鞑靼大黄、波叶大黄、单脉大黄等只在3 000m以下分布，向上不越过3 000m线，它们属于大黄属中喜温热、干旱的种类。

苞叶大黄、滇边大黄、藏边大黄、药用大黄、掌叶大黄、小大黄、网脉大黄、岐穗大黄、穗序大黄、鸡爪大黄、天山大黄等11种大黄的垂直分布幅度超过2 000m，显示出较强的生态适应性；其中，药用大黄、网脉大黄的垂直幅度甚至超过了3 000m，适应各种环境条件的能力极强，特别对于药用大黄这种正品大黄的引种驯化具有重要的参考意义。

就整个大黄属来看，其垂直分布从最低海拔700m到5 400m，幅度达4 700m，反映出该属植物极强的适应性：既能适应戈壁滩上夏季的地面高温，又能抗拒雪线附近冬季的极端低温。这种极宽的生态适应幅反映在植物形态特征上则表现为较大的结构差异：如可分布于海



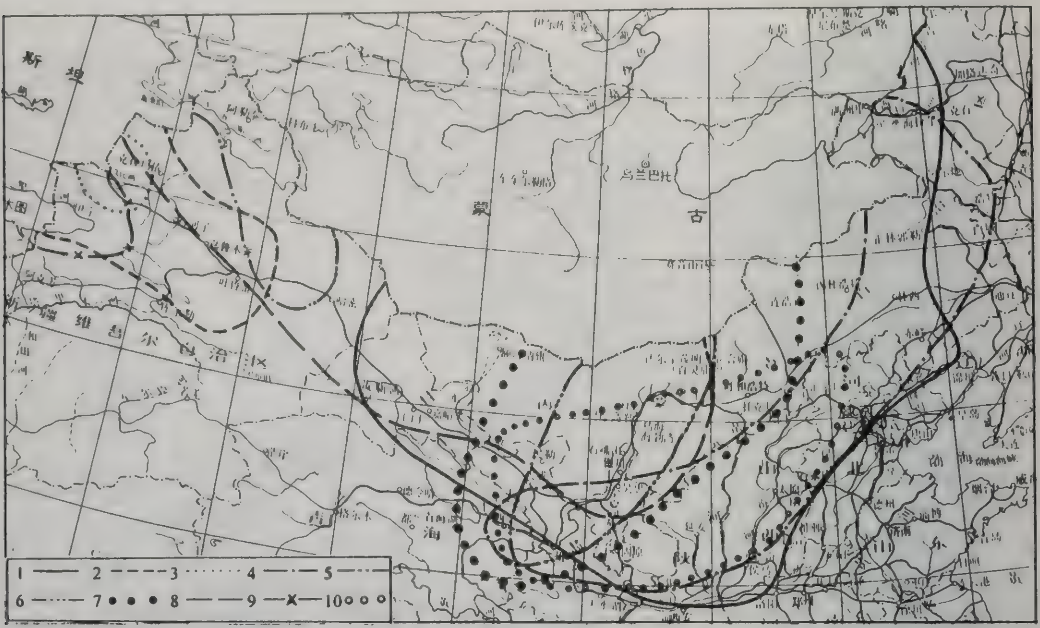
本图上中国国界线系按照中国地图出版社 1989 年出版的 1：400 万《中华人民共和国地形图》绘制

图 1b 国产大黄属植物的水平分布格局

1 菱叶大黄 2 天山大黄 3 网脉大黄 4 心叶大黄

5 喜马拉雅大黄 6 密序大黄 7 卵果大黄 8 藏边大黄 9 头序大黄

拔 700m 戈壁滩的矮大黄的茎生叶退化、基生叶叶表多疣并被毛，以减少高温灼伤和水分蒸腾；而分布至海拔 5 000m 附近的塔黄的叶状苞片反折下垂，对花枝和花芽抵抗低温具有保护作用。

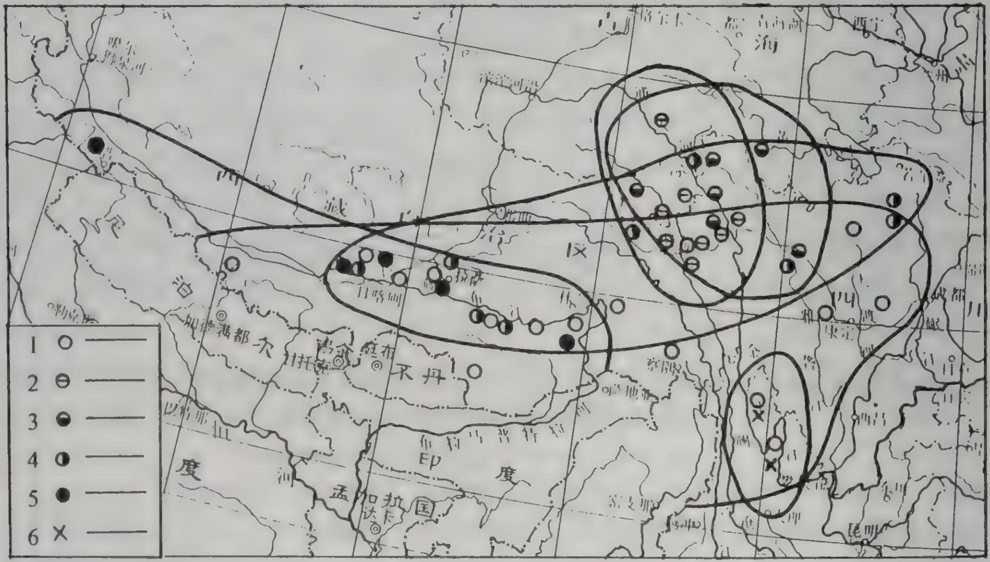


本图上中国国界线系按照中国地图出版社1989年出版的1：400万《中华人民共和国地形图》绘制

图1c　国产大黄属植物的水平分布格局

1华北大黄　2天山大黄　3鞑靼大黄　4波叶大黄　5密序大黄

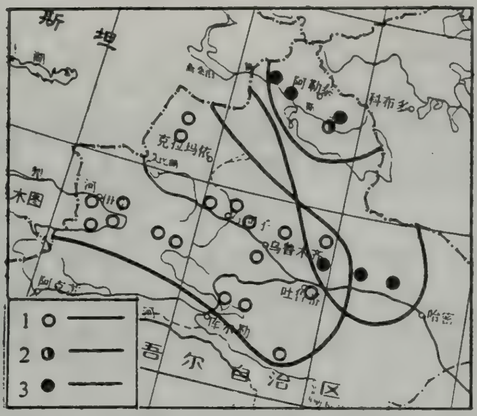
6总序大黄　7单脉大黄　8矮大黄　9枝穗大黄　10河套大黄



本图上中国国界线系按照中国地图出版社1989年出版的1：400万《中华人民共和国地形图》绘制

图2a　波叶组大黄的地理分布

1藏边大黄　2丽江大黄　3卵叶大黄　4拉萨大黄　5喜马拉雅大黄　6牛尾七



本图上中国国界线系按照中国地图出版社 1989 年出版的 1：400 万《中华人民共和国地形图》绘制

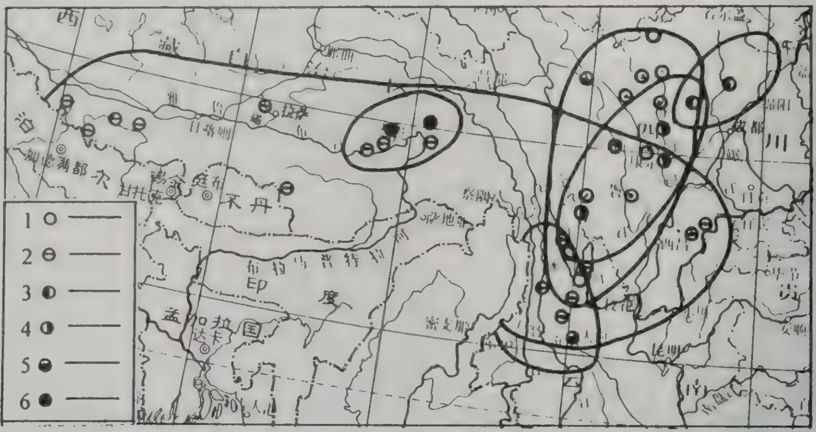
图 2b　波叶组大黄的地理分布

1 天山大黄　2 阿尔泰大黄　3 密序大黄

本图上中国国界线系按照中国地图出版社 1989 年出版的 1：400 万《中华人民共和国地形图》绘制

图 2c　波叶组大黄的地理分布

1 华北大黄　2 波叶大黄　3 河套大黄　4 光茎大黄



本图上中国国界线系按照中国地图出版社1989年出版的1：400万《中华人民共和国地形图》绘制

图3 心叶组大黄的地理分布

1 疏枝大黄 2 心叶大黄 3 斑茎大黄 4 垂枝大黄 5 云南大黄 6 藏东大黄

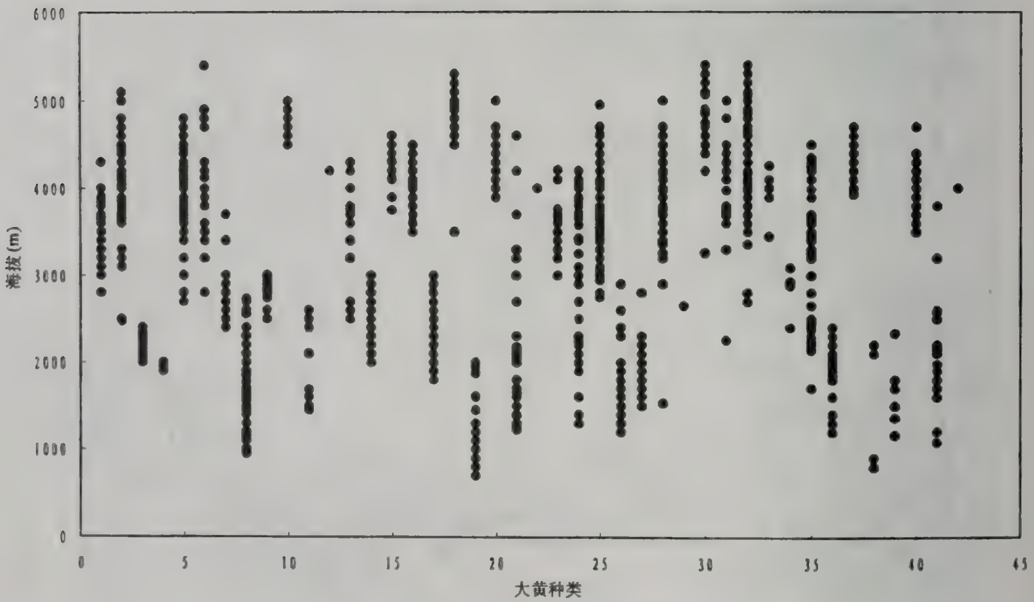


图4 国产大黄属植物的垂直分布

1 心叶大黄　7 牛尾七　13 疏枝大黄　19 矮大黄　25 小大黄　31 歧穗大黄　37 西藏大黄
2 苞叶大黄　8 华北大黄　14 裂叶大黄　20 塔黄　26 秦岭大黄　32 穗序大黄　38 波叶大黄
3 阿尔泰大黄　9 光茎大黄　15 拉萨大黄　21 药用大黄　27 总序大黄　33 垂枝大黄　39 单脉大黄
4 密序大黄　10 头序大黄　16 丽江大黄　22 藏东大黄　28 网脉大黄　34 窄叶大黄　40 喜马拉雅大黄
5 滇边大黄　11 河套大黄　17 斑茎大黄　23 卵叶大黄　29 枝穗大黄　35 鸡爪大黄　41 天山大黄
6 藏边大黄　12 红脉大黄　18 卵果大黄　24 掌叶大黄　30 菱叶大黄　36 鞑靼大黄　42 云南大黄

1 *R. acuminatum*
2 *R. alexandrae*
3 *R. altaicum*
4 *R. compactum*
5 *R. delavayi*
6 *R. emodi*
7 *R. forrestii*
8 *R. franzenbachii*
9 *R. glabricaule*
10 *R. globulosum*
11 *R. hotaoense*
12 *R. inopinatum*
13 *R. kialense*
14 *R. laciniatum*
15 *R. lhasaense*
16 *R. likiangense*
17 *R. maculatum*
18 *R. moorcroftianum*
19 *R. nanum*
20 *R. obile*
21 *R. officinal*
22 *R. orientixizangense*
23 *R. ovatum*
24 *R. palmatum*
25 *R. pumilum*
26 *R. qinlingense*
27 *R. racemiferum*
28 *R. reticulatum*
29 *R. rhizostachyum*
30 *R. rhomboideum*
31 *R. scaberrimum*
32 *R. spiciforme*
33 *R. subacaule*
34 *R. sublanceolatum*
35 *R. tanguticum*
36 *R. tataricum*
37 *R. tibeticum*
38 *R. undulatum*
39 *R. uninerve*
40 *R. webbianum*
41 *R. wittrochii*
42 *R. yunnanense*

3 讨论

大黄为多年生落叶地面芽植物，根被覆盖在土表层以下，根的上端是缩短的根茎，它们是大黄的主要药用部位。自然条件下，根茎的延长是伴随着其上面的腐殖质层、苔藓层和枯枝落叶层的加厚而实现的。

大黄为阳性植物，耐寒、喜湿润，多生长于偏碱性的土壤。青藏高原东缘的水、热、土的组合无疑对多数大黄极为适合，从而成为大黄属的分布中心。中国药典所载的三种正品大黄基本上在这一范围内，在对它们进行引种栽培时，必须充分考虑到它们原产地的这种水、热、土搭配特点。

非正品大黄生于各种生境的种类都有：有些分布于海拔 700m 的戈壁滩，经得起高温酷暑；有些分布于雪线附近，耐得住高寒雪冻。从引种驯化的角度而言，它们这种广泛的适应性对开发更多的大黄资源非常有利。

由于大黄为根茎类药用植物，过度采挖对资源的破坏严重。以适应性极强的鸡爪大黄为例，贪婪滥挖已使其野生资源枯竭，甚至连供研究用的植株都难以找到。所以，在加大大黄科学引种力度的同时，必须注重对其野生资源的保护和持续利用。

参考文献

北京师范大学生物系．1993．北京植物志．上册．北京：北京出版社，150～151

安徽植物志协作组．1987．安徽植物志．第二卷．北京：中国展望出版社，181

新疆植物志编委会．1992．新疆植物志．第一卷．乌鲁木齐：新疆科技卫生出版社，234～242

贵州植物志编委会．1982．贵州植物志．第一卷．贵阳：贵州人民出版社，213

山西植物志编委会．1992．山西植物志．第一卷．北京：中国科学技术出版社，366～367

高晓山，陈馥馨．1988．大黄．北京：中国医药科技出版社，1～259

高作经，诚静容．1975．大黄属植物简志．植物分类学报，13（3）：69～82

贺士元．1986．河北植物志，第一卷．石家庄：河北科技出版社，326～327

湖北省植物研究所．1976．湖北植物志．第一卷．武汉：湖北人民出版社，258～260

刘瑛心．1985．中国沙漠植物志．第一卷．北京：科学出版社，321～324

马德滋，刘惠兰．1986．宁夏植物志．第一卷．银川：宁夏人民出版社，88～90

马毓泉．1990．内蒙古植物志．第二卷，呼和浩特：内蒙古人民出版社，145～156

王文采．1993．横断山区维管植物．上册．北京：科学出版社，349～352

吴征镒．1983．西藏植物志．第一卷．北京：科学出版社，595～600

吴征镒．1984．云南种子植物名录．上册．昆明：云南人民出版社，283～284

吴家坤，张登科，杨永康等．1992．国产大黄属的新分类群．西北植物学报，12（4）：309～315

殷卫，郑俊华．1993．大黄的药理研究近况．北京医科大学学报，25（5）增刊：141～143

应俊生．1996．中国种子植物特有属的分布区学研究．植物分类学报，34（5）：479～485

周以良（主编）．1992．黑龙江省植物志．第四卷．哈尔滨：东北林业大学出版社，255～261

ECOGEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF THE SPECIES FROM *RHEUM* L. (POLYGONACEAE) IN CHINA

Xie Zongqiang
(Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

The species of *Rheum* L. in China are distributed to the west of the line from Da Xingan ling Mountains, Taihangshan Mountains, Qinling mountains, Dabashan Mountains to Yunnan-Guizhou Plateau. The eastern Tibet Plateau is their distribution center. The species substitution is found in this center, in the area to the west of the center along latitude gradient, and in the northern part of China along longitude gradient. The rhubarbs in China vertically range 4 700 meters, showing wide adaptability of the genus. For some species, stem leaves are degenerated and basal leaves are covered with indumentum or verruca to avoid the burning from high temperature and to reduce water transpiration. So these species can grow in the Gobi Desert at altitude 700 meters. Some species are with dwarf plants and coriaceous basal leaves or drooping bracts to defense them from freeze injury and distributed up to snow line at altitude 5400 meters.

Key words: *Rheum* L., Ecogeographical distribution, Zonal vegetation, Habitat

广东特有植物厚叶木莲的现状及其保护

曾庆文　刘银至　韦　强　周仁章

（中国科学院华南植物研究所华南植物园，广州 510520）

摘要　本文根据从化三角山次生常绿阔叶林的样方调查结果，分析了中国特有植物厚叶木莲（*Manglietia pachyphylla* Chang）的天然分布特点、分布区的自然环境概况、群落的区系特点、群落学特征及其保护策略。厚叶木莲仅零散分布于广东省从化三角山、龙门南昆山和新丰小沙罗等地海拔 650～1 000m 的常绿阔叶林中，分布区非常狭窄。在 1 200m^2 的样地里有维管束植物 132 种，隶属于 57 科 89 属。Shannon-Wiener 物种多样性指数为 5.45，均匀度为 84.39%，类似于其他类群的南亚热带常绿阔叶林，但较低于海南的热带雨林类群。本群落植物区系的分布类型是以泛热带分布和热带亚洲分布两大类为主，热带—亚热带区系植物成分在本群落中占有明显的优势，其区系特点具有从热带向亚热带过渡的性质。该群落命名为南楠、假轮叶虎皮楠、厚叶木莲群落，可分为乔木层（2 亚层）、灌木层及草本等层次。本群落以中、小高位芽植物占优势，缺乏大高位芽、地面芽和 1 年生植物，叶型以中型叶为主。种群分布格局分析表明，大部分优势种呈集群分布，其中厚叶木莲呈集群分布。种群的立木结构分析表明，厚叶木莲种群已处于衰退模式，有即将在群落中消失的可能，属于濒危物种，应加以保护，对厚叶木莲及其群落的保护应立足于就地保护。

关键词　厚叶木莲　分布区　群落学特征　物种保护

厚叶木莲（*Manglietia pachyphylla* Chang）是 1961 年发表的新种（张宏达，1961），模式标本采自广东省从化市吕田镇小杉村三角山。由于人类活动的影响，其分布区的生态环境受到了较大的破坏。它已被列为国家重点保护植物。为了弄清其生态学特性和濒危现状，我们于 1997 年 6 月对从化三角山厚叶木莲所在的植物群落进行了样方调查。本文初步探讨了中国特有濒危植物厚叶木莲的天然分布特点，分布区的自然环境概况，群落的植物区系特点，群落学特征及其保护措施。

1　厚叶木莲的天然分布及分布区的自然环境概况

根据目前我们掌握的调查资料，厚叶木莲仅零散分布于广东省从化市三角山、龙门县南昆山、新丰县小杪椤等少数几个地点，其天然分布区的范围非常狭窄，且分布海拔比较高，一般生长于海拔 800m 左右的常绿阔叶林中，从化三角山是其主要的天然分布区。

三角山位于北纬 23°46′、东经 113°50′，在广州市的北部，从化市的东北部，吕田镇的南

端，最高峰海拔1 026m。厚叶木莲只见于海拔650m以上的山地常绿阔叶林中，垂直分布可到达1 000m。本地区的气候属于潮湿的南亚热带森林气候，年均气温19.4℃，绝对最高温达36.9℃，绝对最低温达－6.5℃，年降雨量1 921.3mm，年平均相对湿度85.8%，三角山中上部气候稍低，降水更多，其特征是：①夏长冬短，长年温暖，而偶有奇寒（结冰）；②雨季长且雨量集中，降水充沛，但仍有干季；③地势高峻，与附近地区比较，气温相对降低，但雨量更丰富，且多地形雨。这种气候对亚热带林木生长发育提供了充分有利的条件，只有当偶遇奇寒或暴风雨来时，才稍有不利影响。

分布区的土壤类型属山地黄壤，成土母岩为花岗岩，土层厚度50～100cm。由于地势较高，温度稍低，湿度较大，土中铁的氧化作用较弱，矿物质以高岭土为主，含活性铝丰富，呈棕黄色，地表凋落物较多，表土腐质层不甚厚，为暗灰棕色的砂壤或壤土，团粒结构和结持力良好，植物根多分布于这层，且多蚯蚓活动，土质疏松多孔；心土为棕黄色的壤质或粘质土，结构不及表层好，带粘紧，植物根较少，而以粗根为多。全剖面均呈酸性反应，pH值为5.0～5.5。

2　群落的组成特征

2.1　种类组成及其多样性

根据厚叶木莲所在森林群落（海拔850～950m）的调查结果（表1），在1 200m² 样地里，有维管束植物132种，它们分别隶属于57科89属。其中被子植物52科83属126种，裸子植物1科1属1种，蕨类植物4科5属5种。本群落中种数大于10的仅有3科，共占总科数的5.3%，只含有1个种的科占绝大多数，共有36科，占总科数的63.2%。

物种多样性是物种丰富度和均匀度的积，是物种均匀度加权了的物种丰富度，是群落的种数、个体总数及均匀度的综合概念。通常应用Simpson指数或Shannon-Wiener指数来测度物种多样性（彭少麟和王伯荪，彭少麟和陈章和，1983；王伯荪等，1987），而后者似乎更适合于南亚热带常绿阔叶林（彭少麟和陈章和，1983）。统计结果表明，本群落物种多样性Shannon-Wiener指数为5.45，均匀度为84.39%，这数据与南昆山南亚热带常绿阔叶林非常相似，但比肇庆鼎湖山、封开黑石顶等地的南亚热带常绿阔叶林高，比海南的热带雨林稍低。这说明厚叶木莲所在的森林群落的生物多样性比较丰富，均匀度也较高。

表1　厚叶木莲所在群落的维管束植物统计

科名		属数	种数	科名		属数	种数
木兰科	Magnoliaceae	2	4	槭树科	Aceraceae	1	1
八角科	Illiciaceae	1	1	清风藤科	Sabiaceae	1	1
五味子科	Schisandraceae	1	1	省沽油科	Staphyleaceae	1	1
番荔枝科	Annonaceae	1	1	胡桃科	Juglandaceae	1	1
樟科	Lauraceae	6	17	五加科	Araliaceae	1	1
木通科	Lardizabalaceae	1	1	杜鹃花科	Ericaceae	2	2
防己科	Menispermaceae	1	1	柿树科	Ebenaceae	1	1
山龙眼科	Proteaceae	1	2	紫金牛科	Myrsinaceae	3	3
海桐花科	Pittosporaceae	1	1	安息香科	Styracaceae	1	1
天料木科	Samydaceae	1	2	山矾科	Symplocaceae	1	3
茶科	Theaceae	6	10	马钱科	Loganiaceae	1	1

（续）

科名		属数	种数	科名		属数	种数
五列木科	Pentaphylacaceae	1	1	木犀科	Oleaceae	1	1
猕猴桃科	Actinidiaceae	1	1	夹竹桃科	Apocynaceae	1	1
桃金娘科	Myrtaceae	1	2	茜草科	Rubiaceae	6	6
红树科	Rhizophoraceae	1	1	忍冬科	Caprifoliaceae	1	1
杜英科	Elaeocarpaceae	2	3	紫草科	Boraginaceae	1	1
古柯科	Erythroxylaceae	1	1	玄参科	Scrophulariaceae	1	1
大戟科	Euphorbiaceae	2	2	马鞭草科	Verbenaceae	1	1
交让木科	Daphniphyllaceae	1	1	姜科	Zingiberaceae	1	1
鼠刺科	Escalloniaceae	1	1	百合科	Liliaceae	2	2
蔷薇科	Rosaceae	4	7	拔葜科	Smilacaceae	1	
蝶形花科	Papilionaceae	2	2	莎草科	Cyperaceae	3	3
杨梅科	Myricaceae	1	1	竹亚科	Bambusoideae	2	2
壳斗科	Fagaceae	3	13	罗汉松科	Podocarpaceae	1	1
桑科	Moraceae	2	2	里白科	Gleicheniaceae	1	1
冬青科	Aquifoliaceae	1	7	乌毛蕨科	Blechnaceae	2	2
卫矛科	Celastraceae	1	7	鳞始蕨科	Lindsaeaceae	1	1
铁青树科	Olacaceae	1	1	铁线蕨科	Adiantaceae	1	1
芸香科	Rutaceae	1	1				
合计：57 科　89 属　132 种							

2.2 植物区系特点

按植物属 15 个分布区类型的划分方法（吴征镒，1979，1991），对群落中种子植物 84 个属的分布情况进行统计分析（表 2），结果表明本群落植物区系的分布类型是以泛热带分布和热带亚洲分布两大类为主，共占总属的 53.1%，其次是旧世界热带分布（12.3%），热带亚洲和热带美洲间断分布（7.4%）、东亚分布（7.4%）、热带亚洲至热带大洋洲分布（5.0%）、东亚和北美洲间断分布（5.0%）等类型，而北温带分布、地中海区、西亚和中亚分布等几类合计只占 7.4%，旧世界温带分布、温带亚洲分布和中亚分布均为零。上述区系特点说明本群落植物区系是以温暖湿润地区的成分为主，而寒冷或干旱地区的成分则很少。热带—亚热带区系植物成分在本群落中占有明显的优势。但林中没有或少见茎花、板根、大型木质藤本等潮湿热带森林的现象。所以本群落既有热带的性质又有亚热带的性质，是热带向亚热带过渡的群落，即南亚热带森林群落。热带性较强的科属有番荔枝科的瓜馥木属（*Fissistigma*）、防己科的细圆藤属（*Pericampylus*）、山龙眼科的山龙眼属（*Helicia*）、天料木科的天料木属（*Homalium*）、五列木科的五列木属（*Pentaphylax*）、红树科的竹节树属（*Carallia*）、古柯科的古柯属（*Erythroxylum*）、五加科的树参属（*Dendropanax*）、樟科的琼楠属（*Beilschmiedia*）、桑科的桂木属（*Artocarpus*）、杜英科的猴欢喜属（*Sloanea*）等。从群落的组成种类及其重要值来分析，壳斗科、木兰科、茶科、樟科、茜草科、紫金牛科是本区植物区系的主要表征科，这与相邻的南昆山南亚热带常绿阔叶林相似（陈章和等，1983）。

表2 厚叶木莲所在群落种子植物的分布区类型

分布区类型	属数	比率(%)
1. 世界分布	3	—
2. 泛热带分布	26	32.1
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布	6	7.4
4. 旧世界热带分布	10	12.3
5. 热带亚洲至热带大洋洲分布	4	5.0
6. 热带亚洲至热带非洲分布	1	1.2
7. 热带亚洲分布	17	21.0
8. 北温带分布	5	6.2
9. 东亚和北美洲间断分布	4	5.0
10. 旧世界温带分布	0	0
11. 温带亚洲分布	0	0
12. 地中海区、西亚至中亚分布	1	1.2
13. 中亚分布	0	0
14. 东亚分布	6	7.4
15. 中国特有	1	1.2
合计	84	100.00

3 群落的外貌

3.1 生活型谱

根据Raunkiaer的分类系统（Mueller-Dombois，Ellenberg，1874）编制厚叶木莲所在群落的生活型谱（表3）。可以看出，在厚叶木莲所在的群落中，中、小高位芽植物占优势，它们分别占总数的56.8%和22.0%，矮高位芽植物占3.0%，地上芽植物占6.1%，隐芽植物占3.0%，藤本植物占9.2%，缺乏大高位芽、地面芽的一年生植物。群落第一亚层（14～17m）乔木都属于中高位芽植物，第二亚层（2.5～12m）的乔木多数属于中高位芽植物，少部分则属于小高位芽植物。灌木层（1.5m以下）中的植物种类都属于矮高位芽植物。林下草本植物都属于地上芽植物。藤本植物中以纤细草质藤本为主，而粗大的木质藤本少见，且多呈灌丛状，未见有大藤本攀援到林冠层之上，热带性藤本有瓜馥木（*Fissistigma oldhamii*）、细圆藤（*pericampylus glaucus*）、异果鸡血藤（*Millettia heterocarpa*）等。与相邻的南昆山南亚热带山地常绿阔叶林（陈章和等，1983）比较，它们的生活型谱很相似，两者的高位芽植物均在80%以上，表明它们都具有较为丰富的水热条件，适于高位芽植物的发育。

表 3 厚叶木莲所在群落的生活型谱

生活型	高位芽			地上芽	地下芽	藤本	合计
	中	小	矮				
种数	75	29	4	8	4	12	132
百分比%	56.8	22.0	3.0	6.1	3.0	9.1	100

3.2 叶的性质

根据 Raunkaer 的划分方法（Mueller-Dombois，Ellenberg，1974），对厚叶木莲所在群落的叶级进行统计分析。结果表明（表 4），本群落组成植物的叶级以中、小型叶占多数，分别占总数的 50.8%和 45.4%，大型和细型叶只占很小一部分，分别占 3.0%和 0.8%，未见巨型叶和微型叶；具复叶的种数只有 2 种，占总数的 1.5%，其余为单叶，占 98.5%；革质叶占 73.9%，纸质叶占 22.3%，膜质叶占 3.8%；全缘叶占 65.4%，锯齿叶占 34.6%，这种叶级与叶质谱反映了本群落地处南亚热带的气候特点。综上所述，可以认为，本群落的外貌主要由具革质中、小型叶的常绿阔叶中、小高位芽植物所决定。

表 4 厚叶木莲所在群落的叶级与叶质谱（%）

大型叶	中型叶	小型叶	细型叶	微型叶	革质叶	纸质叶	膜质叶	全缘叶	锯齿叶
3.0	50.8	45.4	0.8	—	73.9	22.3	3.8	65.4	34.6

3.3 季相

本群落树冠层波浪起伏，林相终年常绿。春季嫩绿，并因一些树种如深山含笑、厚叶木莲等开白花而使群落点缀一些白色的斑块；夏季浓绿；秋冬季间则缀以黄、红色斑块。多数种都集中在春夏季开花，秋冬季结果。

4 群落的垂直结构

在样地内有 1141 株高于 2.5m 的立木，其中高度小于 4m 的植株有 460 株，占总数的 40.3%，可见，本群落单位立木很多，但缺乏高大乔木，最高的植株仅有 17m。根据自然分化状况可分成乔木层、灌木层、草本层和层间植物等层次。

4.1 乔木层

采用相邻格子法（王伯荪等，1995）设置 3 个 20m×20m 的大样方对厚叶木莲所在群落中高于 2.5m 的立木进行每木调查。从本群落乔木层的种类组成成分分析来看（表 5），本群落中并没有很明显的优势种，重要值（IV%＝相对密度 RD%＋相对频度 RF%＋相对显著度 RP%）（王伯荪等，1982，1987）最高的仅 19.43，在 10 以上的种只有 6 个，占种数的 6.8%，在 5 以下的则有 67 个，占种数的 76.1%，其中重要值在 1 以下的种类相当多，共有 30 个，占种数的 34.1%，这样的一个重要值分布状况反映了本群落具有南亚热带常绿阔叶林种类丰富的特点，但其优势种并不十分显著。如果以优势种来命名，本群落则应称为赤楠＋假轮叶虎皮楠＋厚叶木莲群落（*Syzygium buxifolium*＋*Daphhiphyllum subverticillatum*＋*Manglietia pachyphylla* Community）。乔木层可分为 2 个亚层，第一亚层高度在 14～17m，共有 25 株，以赤楠（IV 值 19.43）、假轮叶虎皮楠（IV 值 18.10）、厚叶木莲（IV 值 12.01）、石笔木（IV

表5　厚叶木莲所在群落乔木层物种重要值（1 200m²）

序号	种名	株数	平均树高（m）	胸高断面总和（cm²）	相对密度 RD%	相对频度 FR%	相对显著度* RP%	重要值 IV%
1	赤楠 *Syzygium buxifolium*	107	5.43	2117.08	9.38	3.83	6.22	19.43
2	假轮叶虎叶楠 *Daphniphyllum subverticillatum*	112	4.77	1734.73	9.82	3.19	5.09	18.10
3	厚叶木莲 *Manglietia pachyphylla*	22	10.31	2887.89	1.93	1.60	8.48	12.01
4	尖连蕊茶 *Camellia cuspidata*	71	4.18	692.00	6.22	2.88	2.03	11.13
5	石笔木 *Tutcheria spectabilis*	28	6.10	2121.83	2.45	2.24	6.23	10.92
6	小叶红淡比 *Cleyera japonica*	51	5.04	1571.47	4.47	1.60	4.61	10.68
7	亮叶石栎 *Lithocarpus truncata*	30	5.24	1088.57	2.63	2.24	3.20	8.07
8	三花冬青 *Ilex triflora*	31	4.00	473.64	2.72	3.83	1.39	7.94
9	匙叶润楠 *Machilus glabriramula*	17	6.90	1528.66	1.49	1.92	4.49	7.90
10	网脉山龙眼 *Helicia reticulata*	43	3.49	174.11	3.71	3.51	0.51	7.79
11	小红栲 *Castanopsis carlesii*	12	8.04	1692.27	1.05	1.60	4.97	7.62
12	皱叶柯 *Lithocarpus dictyoneuron*	15	6.85	1894.41	1.31	0.64	5.56	7.51
13	深山含笑 *Michelia maudiae*	7	8.77	1635.60	0.61	1.28	4.80	6.69
14	塔彻冬青 *Ilex tutcheri*	16	7.39	1187.72	1.40	1.60	3.49	6.49
15	刘厚樟 *Cinnamomum lioui*	39	4.11	385.29	3.42	1.92	1.13	6.47
16	荷木 *Schima superba*	4	12.08	1841.67	0.35	0.64	5.41	6.40
17	算盘竹 *Indosasa glabrata*	28	3.00	18.89	2.45	3.83	0.05	6.33
18	藜蒴 *Castanopsis fissa*	26	4.67	588.40	2.28	2.24	1.73	6.25
19	紫玉盘柯 *Lithocarpus uvariifolia*	26	4.80	489.94	2.28	2.24	1.44	5.96
20	大新木姜子 *Neolitsea chuii*	222	4.69	378.36	1.93	2.56	1.11	5.60
21	红褐柃 *Eurya rubiginosa*	28	3.59	249.47	2.45	2.24	0.73	5.42
22	广东樟 *Cinnamomum kwangtungense*	15	4.65	494.87	1.31	1.92	1.45	4.68
23	黄樟 *Cinnamomum porrectum*	17	4.71	750.97	1.49	0.96	2.20	4.65
24	新木姜子 *Neolitsea aurata*	26	5.28	460.32	2.28	0.96	1.35	4.59
25	猴欢喜 *Sloanea sinensis*	18	4.40	389.04	1.58	1.28	1.14	4.00
26	豺皮樟 *Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*	18	3.32	48.00	1.58	2.24	0.14	3.96
27	罗浮柿 *Diospyros morrisiana*	9	6.70	419.86	0.79	1.92	1.23	3.94
28	石壁杜鹃 *Rhododendron bachii*	25	4.10	150.65	2.19	1.28	0.44	3.91
29	尖瓣杜英 *Elaeocarpus glabripetalus*	8	7.63	534.95	0.70	1.60	1.57	3.87
30	广东琼楠 *Beilschmiedia fordii*	14	4.64	231.77	1.23	1.92	0.68	3.83
31	绿樟 *Meliosma squamulata*	8	6.28	355.08	0.70	1.60	1.04	3.34
32	杨梅 *Myrica rubra*	3	8.17	792.09	0.26	0.64	2.33	3.23
33	狗骨柴 *Tricalysia dubia*	12	3.49	51.52	1.05	1.92	0.15	3.12
34	凹叶冬青 *Ilex championii*	6	7.00	636.15	0.53	0.64	1.87	3.04
35	变叶榕 *Ficus variolosa*	9	5.10	169.67	0.79	1.60	0.50	2.89
36	酸味子 *Antidesma japonicum*	12	4.20	187.79	1.05	1.28	0.55	2.88
37	广东毛蕊茶 *Camellia melliana*	22	3.23	64.68	1.93	0.64	0.19	2.76
38	罗浮栲 *Castanopsis fabri*	11	4.96	94.11	0.96	1.28	0.28	2.52
39	密花树 *Rapanea neriifolia*	11	4.56	175.24	0.96	0.96	0.51	2.43
40	厚皮香 *Ternstroemia gymnanthera*	7	5.87	159.90	0.61	1.28	0.47	2.36
	其余48种因重要值太小而未列出							

* 相对显著度用每个种的胸高断面积占样地内全部立木的总胸高断面积的百分比表示

RD=Relative density；RF=Relative frequency；RP=Relative prominence

值 10.92)、匙叶润楠(IV 值 7.90)、皱叶柯(IV 值 7.51)、深山含笑(IV 值 6.69)、尖瓣杜英(IV 值 3.87)、黄樟(IV 值 4.65)、绿樟(IV 值 3.34)、长序厚壳树(IV 值 0.56)等为主,本亚层郁闭度约为 0.6,树冠不连续,一些高大树冠突出在上面。第二亚层高度由低于 12m 的立木组成,种类极其复杂,树冠多不规则,分枝较低,个体数量较多的有假轮叶虎皮楠、赤楠、尖连蕊茶等,本层郁闭度较大,约为 0.8,但树冠仍不连续。

4.2 灌木层

在 3 个大样方中各设置 1 个 5m×5m 的灌木层样方,调查高度在 0.5~1.5m 之间的植物种类、高度和冠幅。据调查,低于 1.5m 的灌木在 $75m^2$ 内共有 180 株(表 6),平均 2.4 株/m^2,覆盖度约为 40%,树冠密密连成一层,其中黧蒴个体数量最多,其次是赤楠、密花树等。

表 6 厚叶木莲所在群落灌木层物种重要值

序号	种名	株数	平均树高 (m)	相对密度 RD%	相对频度 FR%	相对显著度* RP%	重要值 IV%
1	黧蒴 *Castanopsis fissa*	47	0.45	26.11	3.85	53.34	83.30
2	赤楠 *Syzygium buxifolium*	11	0.37	6.11	3.85	2.21	12.17
3	三花冬青 *Ilex triflora*	5	0.82	2.78	3.85	3.71	10.34
4	网脉山龙眼 *Helicia reticulata*	5	0.72	2.78	3.85	2.78	9.41
5	深山含笑 *Michelia maudiae*	6	0.35	3.33	3.85	2.04	9.22
6	密花树 *Rapanea neriifolia*	7	0.39	3.89	3.85	0.83	8.57
7	川桂 *Cinnamomum wilsonii*	6	0.46	3.33	2.56	1.28	7.17
8	白果香楠 *Randia leucocarpa*	3	1.10	1.67	2.56	3.97	8.20
9	紫玉盘柯 *Lithocarpus uvariifolia*	6	0.46	3.33	2.56	1.28	7.17
10	花椒 *Zanthoxylum scandens*	4	0.30	2.22	2.56	2.07	6.85
11	硬斗柯 *Lithocarpus hancei*	7	1.20	3.89	1.28	1.40	6.57
12	毛叶木姜子 *Litsea elongata*	3	0.67	1.67	2.56	1.93	6.16
13	网脉酸藤子 *Embelia rubis*	3	0.47	1.67	2.56	1.53	5.76
14	豺皮樟 *Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*	3	1.07	1.67	2.56	1.21	5.44
15	光叶海桐 *Pittosporum glabratum*	3	0.60	1.67	2.56	1.15	5.38
16	紫珠 *Callicarpa bodinieri*	5	0.4	2.78	1.28	1.13	5.19
17	短尾叶柃 *Eurya loquaiana*	2	0.80	1.11	1.28	2.72	5.11
18	榄绿粗叶木 *Lasianthus lancilimbus*	5	0.64	1.67	2.56	1.15	5.38
19	异果鸡血藤 *Millettia heterocarpa*	3	0.43	1.67	2.56	0.62	4.85
20	狗骨柴 *Tricalysia dubia*	3	0.63	1.67	2.56	0.45	4.68
其余 36 种因重要值太小而未列出							

* 相对显著度用每个种的冠幅总面积占样地内全部立木的冠幅总面积的百分比表示

4.3 草本层

在 3 个灌木层样方中各设置 1 个 1m×1m 的草本层样方,调查高度低于 0.5m 的所有植物种类、高度和冠幅。据调查,草本层植物种类和株数均较少(表 7),3 个 1m×1m 的样方中,平均 15.7 株/m^2,重要值较大的有里白(IV 值 75.96)、黑莎草(IV 值 69.53)、剑叶耳草(IV 值 46.80)等。

表7 厚叶木莲所在群落草本层物种重要值

序号	种名	株数	平均树高（m）	相对密度 RD%	相对频度 FR%	相对显著度* RP%	重要值 IV%
1	里白 *Diploterygium glaucum*	7	0.74	14.89	11.76	49.31	75.96
2	黑莎草 *Gahnia tristis*	13	0.50	27.66	17.65	24.22	69.53
3	剑叶耳草 *Hedyotis lancea*	10	0.58	21.28	17.65	7.87	46.80
4	狗脊蕨 *Woodwardia japonica*	3	0.47	6.38	5.88	4.72	16.98
5	莎草 *Cyperus* sp.	2	0.60	4.26	5.88	7.52	17.66
6	麦门冬 *Liriope spicata*	3	0.30	6.38	5.88	1.05	13.31
7	团叶鳞始蕨 *Lindsaea obiculata*	3	0.12	6.38	5.88	0.15	12.41
8	截鳞苔草 *Carex truncatigluma*	2	0.35	426	5.88	2.19	12.33
9	密花山姜 *Alpinia densibracteata*	1	0.50	2.13	5.88	2.10	10.11
10	山菅兰 *Dianella ensifolia*	1	0.30	2.13	5.88	0.35	8.36
11	扇叶铁线蕨 *Adiantum flabellulatum*	1	0.25	2.13	5.88	0.35	.36
12	暗色菝葜 *Smilax lanceifolia*	1	0.10	2.13	5.88	0.18	8.19

* 相对显著度用每个种的冠幅总面积占草本样方内所有种的冠幅总面积的百分比来表示

4.4 层间植物

群落的层间植物主要以纤细草质藤本为主，而粗大的木质藤本少见，且多呈灌丛状。主要种类有异果鸡血藤（*Millettia heterocarpa*）、黑老虎（*Kadsura coccinea*）、瓜馥木（*Fissistigma oldhamii*）、白叶野木瓜（*Stauntonia glauca*）、细圆藤（*Pericampylus glaucus*）、厚叶猕猴桃（*Actinidia fulvicoma*）、锈毛莓（*Rubus reflexus*）、蓬莱葛（*Gardneria multiflora*）、念珠藤（*Alyxia sinensis*）、大花忍冬（*Lonicera macrantha*）、玉叶金花（*Mussaenda pubescens*）和暗色菝葜（*Smilax lanceifolia*）等。

5 种群结构

种群的年龄结构不仅反映着种群的动态，而且反映着群落发展变化的趋势。为了弄清木兰科植物的现状，我们对样方内4种木兰科植物的全部立木级进行了重点调查。根据立木级（Ⅰ级幼苗：树高小于33cm；Ⅱ级苗木：树高大于或等于33cm，胸径小于2.5cm；Ⅲ级幼树：胸径为2.5～7.5cm；Ⅳ级立木：胸径为7.5～22.5cm；Ⅴ级大树：胸径大于22.5cm）标准绘制金字塔结构图可以较好地反映木兰科植物的种群结构（吴征镒，1979）（图1）。从图1可以看出，本群落中厚叶木莲的年龄结构呈典型的倒金字塔型（图1（a）），虽不能简单地就此而推论厚叶木莲即将在群落中消失，但已经是衰退模式，属于衰退种群。深山含笑和野含笑的年龄结构基本呈金字塔型（图1（b），图1（c）），是较稳定模式，在相当长的期间内，仍将保持着增长趋势，属于比较稳定种群。亮叶含笑（*Michelia fulgens* Dandy）只有Ⅰ级幼苗1株，故没有绘图。

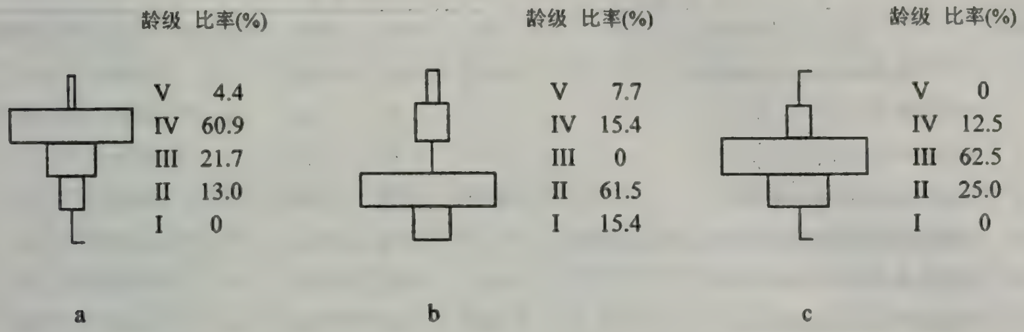


图 1 木兰科植物的种群年龄结构模式图

a. 厚叶木莲（*Manglietia pachyphylla* Chang） b. 深山含笑（*Michelia maudiae* Dunn）
c. 野含笑（*Michelia skinneriana* Dunn）

6 种群分布格局

种群分布格局是指种群个体在水平空间的配置状况或分布状态，反映了种群个体在水平空间上彼此间的相互关系，显然是由种群特性和环境条件的综合影响所决定。用“方差/均值比例法”分析种群的分布格局能更细致地了解植物种群在空间分布上的特点（陆阳，1988；张金屯，1995）。本文对群落中木兰科植物及重要值较大的种群进行种群分布格局测定（表 8），结果表明本群落的大部分优势种（占被检测种类总数的 70.0%）呈集群分布，深山含笑呈随机分布，而厚叶木莲和野含笑则呈集群分布。从而说明南亚热带常绿阔叶林种类组成的复杂性和多样性必然影响着各个组成种的分布格局。

7 厚叶木莲的现状及其保护对策

7.1 厚叶木莲的现状

从上述群落学特征分析可以看出，厚叶木莲的种群结构呈倒金字塔形，属于衰退模式，已经有从群落消失的危险。实际上因许多大树被砍，致使第Ⅴ级立木锐减，而第Ⅱ、Ⅲ级苗木基本上是萌发枝，否则，衰退的结构将更加明显。在整个调查样地内只找到 1 株Ⅱ级种子实生苗，而没有Ⅰ级实生苗。虽然目前厚叶木莲还占据着群落上层，处于优势地位，但其更新不良，在演替过程中将受到其他阔叶树种的冲击。从表 2 和表 3 可以看出，乔木层和灌木层中藜蒴的幼树幼苗密度相当大，说明藜蒴已经进入更替层，未来很可能冲击厚叶木莲进入群落上层。厚叶木莲的已知分布地点只有 3 个，少于 5 个，且其大树不断遭到当地农民的砍伐，成熟个体数在不断减少，根据国际濒危物种等级新标准（蒋志刚等，1997），它目前的状况已属于濒危级（EN）物种。因此，作者认为将它列入国家重点保护名录是恰当的。

表8 厚叶木莲所在群落分布格局测定

序号	种名	X	S^2	T值	t检验结果	I值	X^2检验结果
1	厚叶木莲 *Manglietia pachyphylla*	1.92	7.24	6.50	C	41.48	C
2	深山含笑 *Michelia maudiae*	2.17	2.52	0.38	R	12.77	R
3	野含笑 *Michelia skinneriana*	0.67	5.33	16.33	C	87.56	C
4	赤楠 *Syzygium buxifolium*	8.92	37.72	7.58	C	46.52	C
5	假轮叶虎皮楠 *Daphniphyllum subverticillatum*	9.33	50.42	10.34	C	59.44	C
6	尖连蕊茶 *Camellia cuspidata*	5.92	26.56	8.18	C	59.44	C
7	石笔木 *Tutcheria spectabilis*	2.33	4.06	1.74	R	19.17	R
8	小叶红淡比 *Cleyera japonica*	4.25	47.88	24.11	C	123.92	C
9	亮叶石砾 *Lithocarpus truncata*	2.50	13.35	10.19	C	58.74	C
10	三花冬青 *Ilex triflora*	2.58	2.30	−0.25	R	9.81	R
11	匙叶润楠 *Machilus glabriramula*	1.42	3.39	3.26	C	26.26	C
12	网脉山龙眼 *Helicia reticulata*	3.58	5.41	1.20	R	16.62	R
13	小红栲 *Castanopsis carlesii*	1.00	2.24	2.91	C	24.64	C
14	皱叶柯 *Lithocarpus dictyoneuron*	1.25	14.72	25.30	C	128.28	C
15	塔彻冬青 *Ilex tutcheri*	1.33	4.06	4.82	C	33.58	C
16	刘厚樟 *Cinnamomum lioui*	3.25	37.90	25.03	C	128.28	C
17	荷木 *Schima superba*	0.33	0.712	2.72	C	23.73	C
18	算盘竹 *Indosasa glabrata*	2.33	0.89	−1.45	R	4.20	R
19	藜蒴 *Castanopsis fissa*	2.17	5.55	3.66	C	28.13	C
20	紫玉盘柯 *Lithocarpus uvariifolia*	2.17	11.88	10.50	C	60.22	C
21	大新木姜子 *Neolitsea chuii*	1.83	2.50	0.86	R	15.03	R
22	红褐柃 *Eurya rubiginosa*	2.33	6.73	4.43	C	31.77	C
23	广东樟 *Cinnamomum kwangtungense*	1.25	2.04	1.48	R	17.95	R
24	黄樟 *Cinnamomum porrectum*	1.42	12.56	18.42	C	97.30	C
25	新木姜子 *Neolitsea aurata*	2.17	21.88	21.32	C	110.91	C
26	猴欢喜 *Sloanea sinensis*	1.50	6.38	7.64	C	46.79	C
27	豺皮樟 *Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*	1.50	3.22	2.69	C	23.61	C
28	罗浮柿 *Diospyros morrisiana*	0.75	1.14	1.22	E	16.72	R
29	石壁杜鹃 *Rhododendron bachii*	2.08	10.35	9.33	C	54.74	C
30	尖瓣杜英 *Elaeocarpus glabripetalus*	0.67	0.69	0.07	R	11.33	R

R—随机分布；C—集群分布；$T_{0.95,11}=2.201$；$I_{0.95,11}=19.675$

7.2 濒危原因

7.2.1 人类活动的冲击

人类活动，特别是对森林的乱砍滥伐，使厚叶木莲的种群数量减少，种群规模明显减小。由于厚叶木莲材质优良，故经常遭到当地农民的砍伐，致使其成熟个体数量不断减少。

7.2.2 自然繁殖能力衰退

厚叶木莲5月开花，9月种子成熟。据我们多年来的物候观察，虽然厚叶木莲的大多数植株每年均开花，但结果率非常低，甚至不结果，而且许多植株有隔年甚至隔多年结果现象，其结实的大小年明显，种子产量非常低，种子库补充能力较差，且种子萌发率偏低，自然繁殖能力不足以恢复种群。

7.2.3 *动物的危害*

厚叶木莲种子含有丰富的脂类物质，具有特别的香味，许多动物（如老鼠等）都喜欢吃它。成熟的种子落地两个月后才能开始萌发，这样就增加了动物对其种子的取食机会。对厚叶木莲土壤种子库在1月份的调查发现，土壤内基本没有有效的厚叶木莲种子，不存在持续的土壤种子库，林下只见有被吃剩的红色外种皮。这是我们在林下很难找到其种子实生苗的重要原因之一。

综上所述，人类活动是导致厚叶木莲濒危的主要原因，特别是对森林的乱砍滥伐，使厚叶木莲的种群和亚种群数量减少，种群规模明显减小，造成种子产量低和基因流受阻，导致厚叶木莲的土壤种子库补充能力极低，进而引起厚叶木莲种群更新不良、生态适应性差。

7.3 保护对策

厚叶木莲为常绿乔木，树形优美，叶形大，厚革质，花大，乳白色，雄蕊红色，具有较高的观赏价值，是一种优良的园林观赏植物及城市绿化树种，应该加以保护和推广，加强其保护生物学的研究，运用多学科手段弄清其濒危机理。

首先应进行迁地保护和开发利用研究。"利用是最好的保护"（张宇和等，1983），应设法把厚叶木莲应用到园艺上去，通过园艺技术的应用，大量繁殖苗木，广泛种植，扩大其分布范围，使之不再稀有。我们从1991年开始对厚叶木莲进行迁地保护研究，已将采集到的一定数量的种苗（1 000多株）迁地保存在中国科学院华南植物园木兰园，并已引种到中国科学院昆明植物园、云南省珍稀濒危植物繁育中心、云南省林科院昆明树木园、云南省香坪山林场木兰园、贵州省林业科学院树木园、深圳仙湖植物园等10多个植物（树木）园，现生长良好。

厚叶木莲的分布区非常狭窄，生境比较特殊，迁地保护有一定的困难，而且迁地保护或多或少会失去它原有的遗传多样性（Riggs，1990），因此，除了对迁地保护进行深入研究、扩大繁殖和栽培外，重点应放在对厚叶木莲原产地的就地保护上。原产地建成了大型的抽水蓄能电站，已对生态系统造成一定的破坏。因此，最有效的保护措施是结合水电站的蓄水要求建立自然保护区，实行封山育林，并由电站协助管理，长期监测其生长动态，促进其天然更新。

参考文献

张宏达.1961. 华南植物志资料Ⅲ 木兰科. 中山大学学报（自然科学版），(1)：63

张金屯.1995. 植被数量生态学方法. 北京：中国科学技术出版社

张宇和等.1983. 植物的种质保存. 上海：上海科学技术出版社

陈章和等.1983. 广东南昆山自然保护区森林群落. 生态科学，(1)：18～29

蒋志刚，马克平，韩兴国（主编）.1997. 保护生物学. 杭州：浙江科技出版社

陆阳.1988. 鼎湖山森林植物种群分布格局研究. 生态科学，(1)：28～39

彭少麟，王伯荪.1983. 鼎湖山森林群落分析Ⅰ. 生态科学，(1)：11～17

彭少麟，陈章和.1983. 广东亚热带森林群落种多样性. 生态科学，(2)：98～103

王伯荪等．1982．南亚热带常绿阔叶林取样技术研究．植物生态学与地植物学丛刊，6（1）：51～60

王伯荪等．1987．香港岛黄桐森林群落分析．植物生态学与地植物学学报，11（4）：241～251

王伯荪等．1995．植物种群学．广州：广东高等教育出版社

吴征镒．1979．论中国植物区系的分区问题．云南植物研究，（1）：1～22

吴征镒．1991．中国种子植物属的分布区类型．云南植物研究，增刊IV：1～139

Mueller-Dombois，D.，H. Ellenberg．1974．鲍显诚等译．1986．植被生态学的目的和方法．北京：科学出版社

Riggs，L. A. 1990. Conserving genetic resources on site in forest ecosystems. Forest ecology and Management，35：45～68

THE COMMUNITY CHARACTERISTICS AND CONSERVATION STRATEGIES OF GUANGDONG'S ENDEMIC AND ENDANGERED SPECIES *MANGLIETIA PACHYPHYLLA*

Zeng Qingwen, Liu Yinzhi, Wei Qiang, Zhou Renzhang
(South China Botanical Garden, South China Institute of Botany,
the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510520)

Based on the vegetation survey on a secondary evergreen broad-leaved forest at Mt. Sanjiaoshan, Conghua, near Guangzhou, the natural distribution characteristics, environmental condition, floristic composition and community characteristics of China's endemic species *Manglietie pachyphylla* Chang and its conservation strategies were studied. The results indicated that *Manglietia pachyphylla* was naturally distributed in the secondary evergreen broad-leaf forest at altitudes from 650 to 1000 metres. There were 132 species of vascular plants in 89 genera of 57 families in the plots of 1200m^2. The diversity index and evenness of the tree and shrub species in the community were 5.45 and 84.39% respectively which are similar to those of other evergreen broad-leaved forest in the neighboring regions, but lower than those in tropical rain forest in Hainan. The floristic composition of the community showed a transitional characteristics between tropical and subtropical elements. The community was named as *Syzygium buxifolium*+*Daphniphyllum subverticillatum*+*Manglietia pachyphylla* Community. It can be vertically divided into three layers, tree (with 2 sublayers), shrub and grass layers. There were many species in the tree layer and shrub layer, but few species in the grass layer. The dominant species in tree layer were *Manglietia pachyphylla* and *Michelia maudiae*, both are from Magnoliaceae. The mesophanerophytes and microphanerophytes make up a high percentage, and the megaphanerophytes, Heimicryp-tophytes and therophytes were not found. The mesophyll also make up a high percentage in leaf-size class spectrum of the community. The distribution pattern of magnoliceous

plants were measured by variance/mean ratio, and the result indicated that most of the dominant species were clumped , e. g. , *Manglietia pachyphylla* but *Michelia skinnerana* were clumped, but *Michelia maudiae*was randomly distibuted. Analysis on Structure of magnoliaceous populations indicated that *Michelia skinneriana* were at the stable stage, but *Manglieatia pachyphylla* displayed a decline tendency. Therefore, *Manglieatia pachyphylla* is an endangered species, which must be preserved through *in situ* and *ex situ* conservation and the preservation should focus on *in-situ* conservation.

Key words: *Manglieatia pachyphylla*, Distribution , Community characteristics, Conservation

庐山蕨类植物的多样性及其保护和持续利用*

詹选怀　徐祥美

（中国科学院庐山植物园，江西庐山 332900）

摘要　蕨类植物在植物界中是属于具有维管束的高等植物，处于低等植物和高等植物之间的过渡阶段，是植物进化过程中的一个关键性环节，有着承上启下的作用。庐山丰富的蕨类植物，广泛分布在各种各样的生态环境中，成为山地森林植被的重要组成部分，表现出蕨类植物的多样性。据调查统计，庐山分布蕨类植物315种（包括30个变种和4个变型），隶属于39个科，84个属。本文探索了庐山蕨类植物保护的三条重要途径，最根本的是要提高人们对蕨类多样性保护的意识。

关键词　蕨类植物　多样性　保护　持续利用

1　庐山概况

庐山位于长江中游鄱阳湖西北岸，地势独峙，襟江临湖，面积 3.05 万 km^2。主峰大汉阳峰海拔 1 473m。地形在 1 000m 以上相对起伏不大，谷地宽展，古地形保存较完整，至今仍保留有典型的第四纪冰川地貌。庐山年平均降雨量达1 838.6mm，大大高于年平均 1 008.6mm 的蒸发量，水分丰绰有余，加上北江南湖，雾多云集，湿度较大。庐山土壤为页岩和千枚岩风化形成砂质泥土，呈赭色或黄赭色，普遍酸度较强，pH 值通常为 4.8～5 左右。

庐山在“中国植被区划”上，属亚热带常绿阔叶林地区，在植被上显示出由暖温带落叶阔叶林，向亚热带常绿阔叶林过渡的特征。其植物区系具有种类组成丰富、地理成分复杂、起源古老、热带科属较多和南北植物区系成分交汇过渡的有利条件，加之雨量充沛，空气湿润，喜阴湿环境的蕨类植物，包括起源古老的种类和现代的真蕨，在庐山分布都相当丰富，且生长繁茂，表现出庐山蕨类植物的多样性。

蕨类植物不仅是各类植被的重要组成部分，而且一些古老类群还是研究生物演化的珍贵材料。其不少种类具有多种多样的经济价值，有些是医药、食品、工艺品的原料；有些是热带、亚热带地区水土保持的优良植物；有些是土壤、气候的指示植物；许多蕨类植物由于千姿百态及其惊人的变异，成为重要的观赏植物。研究庐山蕨类植物的多样性对考证庐山地区的冰川和起源有重要的科学价值。

* 本文承蒙王江林研究员审阅全稿，卫斌、朱玉善、程永贵、桂忠民、付庐松等同志参加野外调查，在此一并致谢。

2 庐山蕨类植物的多样性

2.1 庐山蕨类植物概况

经笔者等对庐山蕨类植物的调查和采集，结合已有资料，已整理出庐山蕨类植物 315 种（包括 30 个变种和 4 个变型），它们隶属于 39 个科 84 个属，约占全省 472 种的 67%，占全省 109 属的 77%，占全省 47 科的 83%。其中单科、单属、单种的有石杉科、海金沙科、鳞始蕨科、姬蕨科、水蕨科、球子蕨科、三叉蕨科、骨碎补科、蕨科、苹科、槐叶苹科和满江红科等 12 个科，占庐山总共 39 个科的约 30%，其种类却只占到庐山 315 种的约 3.8%。另有一些科，在庐山分布相当丰富，种类繁多，如：蹄盖蕨科有 10 属 39 种，金星蕨科有 9 属 36 种，鳞毛蕨科有 6 属 71 种，水龙骨科有 10 属 38 种，铁角蕨科有 2 属 28 种。

2.2 庐山药用蕨类植物

据统计，庐山蕨类植物中具有药用价值的涉及 36 个科，50 余属，约 115 种，占全山蕨类植物种类的 36%左右，其中以鳞毛蕨科、水龙骨科、铁角蕨科为最多。较典型的药用蕨类植物有石松（*Lycopodium japonicum*），有舒筋活血、祛风散寒、利尿、通经之效；蛇足石杉（*Huperzia serrata*）能退热、止血、外治肿毒，制成注射剂用于外科手术时，有镇痛麻醉之效；卷柏（*Selaginella tamariscina*）酒炖内服，能治跌打损伤；乌蕨（*Stenoloma chusana*）能消炎解毒，治痢疾、肠炎及流感等症，民间有“解毒草”之称；庐山石韦（*Pyrrosia sheareri*）及其亲近种可治急慢性肾炎、肾盂肾炎等。这些蕨类植物在医药界有着特殊的不可替代的作用。

2.3 庐山观赏蕨类植物

庐山的蕨类植物中有不少种类，由于具有独特、美观、整雅、别致等体形和无性繁殖能力强，可作盆景、绿化庭园和住宅，具有较高的观赏价值，且因为其耐阴湿、易管理，越来越被人们所接受。其代表种类有：石松、卷柏、万年松（*Phlegmariarus pulcherrimum*）、阴地蕨（*Botrychium ternatum*）、南方紫萁（*Osmunda cinnamomea* var. *fokiense*）、华南紫萁（*O. vachellii*）、圆盖阴石蕨（*Humata tyermanni*）、江南星蕨（*Microsoricum fortunei*）等。据统计，庐山蕨类植物中，具有观赏价值的约有 25 种，涉及 15 个科，20 个属。

2.4 庐山特有蕨类植物成分

庐山的蕨类植物起源古老，起源于古热带的科有铁角蕨科、膜蕨科、里白科等；起源于亚热带的科有凤尾蕨科、金星蕨科等；起源于劳亚古隆（中国—喜马拉雅）的有水龙骨科、鳞毛蕨科、蹄盖蕨科；泛热带成分奇缺；庐山特有的蕨类植物有庐山蕗蕨（*Mecodium lushanense*）、庐山短肠蕨（*Allantodia lushanensis*）、庐山鳞毛蕨（*Dryopteris lushanensis*）、五老峰鳞毛蕨（*D. wulaofungensis*）、牯岭蹄盖蕨（*Athyrium kulingense*）、庐山毛蕨（*Cyclosorus lushanensis*）、庐山金星蕨（*Parathelypteris lushanensis*）、庐山耳蕨（*Polystichum lushanense*）、庐山蹄盖蕨（*A. petesserii*）等。

2.5 庐山植物园迁地保存的蕨类植物

到目前为止，在庐山发现的珍稀濒危蕨类植物仅为狭叶瓶儿小草（*Ophioglossum thermale*）一种，它生长于五老峰狭谷的湿草地上，数量极少，系国家二级保护种。此外，庐山植物园已迁地保护的珍稀濒危蕨类植物有荷叶铁线蕨（*Adiantum reniforme* var. *sinense*）、鹿角蕨（*Platycerium wallichii*），均为二级保护种，且都能正常地产生孢子，较好地解决了其

迁地保护的有关问题。

另外，庐山植物园迁地保存的蕨类植物还有苏铁蕨（*Brainea insignis*）、巢蕨（*Neottopteris nidus*）、肾蕨（*Nephrolepis auriculata*）、福建莲座蕨（*Angiopteris fokiensis*）、翠云草（*Selaginella uncinata*）、铁线蕨（*Adiantum capillus-veneris*）、金毛狗（*Cibotium barometz*）、蜈蚣草（*Pteris vittata*）、三叉耳蕨（*Polystichum tripteron*）、针毛蕨（*Macrothelypteris oligophlebia*）等10种蕨类植物。

3 庐山蕨类植物的分布

庐山蕨类植物的分布随着海拔高度的变化、植被类型的不同、生境及土壤的改变而有较大差异。

海拔300m以下的湖滨沼泽及水塘、水溪、水田边主要分布有水蕨、菜蕨、苹、槐叶苹、满江红等10余种蕨类植物；此海拔区域的马尾松林内、矮灌丛中主要分布芒萁、里白、蕨、假普通针毛蕨、海金沙、井栏边草、半边旗、刺齿凤尾蕨、野鸡尾金粉蕨等蕨类植物。

海拔300～1 000m区域，由于植被条件较好、土壤肥沃、环境优越，分布的蕨类植物种类较丰富，其中涉及30个科，约250种，占全山种类的80%，最多见的有金星蕨科、鳞毛蕨科、蹄盖蕨科和水龙骨科等。

综上所述，可以看出，随着海拔的升高，蕨类植物呈现出明显的垂直带分布特征（见下图）

庐山蕨类植物垂直分布概况

海拔高度	分布典型种类	分布状况	备注
300m以下区域	垂穗石松	秀峰、观音桥偶有分布	
	闽浙马尾	海会、三叠泉零星分布	分布局限
	狭叶瓶尔小草	五老峰仅有1株	濒临灭绝　国家二级保护
	苹	鄱阳湖、水田边常见	
	槐叶苹	水溪、水田边常见	
	假日本紫萁	山下各地有分布	
	芒萁	山下荒坡、林缘或马尾松林广布	耐干旱
	姬蕨	海会、高垅有零星分布	
	节节草	山下草地、水沟边常见	
	乌蕨	栖贤寺、观音桥、海会寺、庐山垅等钙质土上广布	
	凤尾蕨	栖贤寺、白鹿洞、庐山垅等钙质土上有零星分布	

（续）

海拔高度	分布典型种类	分布状况	备注
	井栏边草	山下钙质土上广布	
	刺齿半边旗	栖贤寺、庐山垅等疏林下及沟边有分布	
	半边旗	白鹿洞、栖贤寺、石佛寺等酸性土上广布	
	野鸡尾金粉蕨	白鹿洞、观音桥等山坡林缘及石缝中有零星分布	
	栗柄金粉蕨	秀峰、庐山垅等疏林下及灌丛中有少量分布	
	银粉背蕨	秀峰、海会寺等石炭岩缝或墙缝中有零星分布	
	无银粉背蕨	秀峰、海会寺等石炭岩缝或墙缝中有零星分布	
	粉背蕨	秀峰、海会寺等石炭岩缝或墙缝中有零星分布	
	线蕨	三叠泉、庐山垅、东山等地林下有零星分布	
	懈蕨	观音桥、庐山垅等地有少量分布	
	毛轴碎米蕨	庐山垅山谷林下或溪边石上有零星分布	
	水蕨	观口等地的池沼、水田或水沟的淤泥中有零星分布	本山珍稀植物
	耳羽短肠蕨	马尾水等地林下溪边或草丛中有少量分布	
	菜蕨	观音桥、栖贤寺的溪边或湿地有零星分布	分布局限
	毛轴菜蕨	隘口等地溪边或湿地有少量分布	
	角蕨	山下各地的林下湿地广布	
	毛叶角蕨	山下各地的林下湿地广布	
	肿足蕨	鞋山、栖贤寺等地干旱的石炭岩缝有少量分布	
	广东肿足蕨	鞋山、栖贤寺等地干旱的石炭岩缝有少量分布	
	中华肿足蕨	鞋山、栖贤寺等地干旱的石炭岩缝分布较广	
	假普通针毛蕨	山下各地山谷林下的阴湿处有分布	
	普通针毛蕨	山下各地山谷林下的阴湿处有分布	
	普通假毛蕨	海会寺、栖贤寺、庐山垅等地林下湿地或山谷石上有少量分布	

（续）

海拔高度	分布典型种类	分布状况	备注
	景烈假毛蕨	山下各地有分布	
	微毛金星蕨	海会寺、栖贤寺等地毛竹林下有少量分布	
	金星蕨	神龙宫、庐山垅等地的疏林下有分布	
	渐尖毛蕨	白鹿洞、观音桥、庐山垅等地的田边、路旁或林缘有零星分布	
	沽浪毛蕨	观音桥、海会寺等地的溪边或田埂旁有少量分布	
	毛蕨	观音桥、秀峰、白鹿洞等地溪边有大量分布	
	乌毛蕨	东牯山等地的灌丛中有少量分布	分布极局限
	庐山复叶耳蕨	观音桥阔叶林下有少量分布	
	美丽复叶耳蕨	秀峰、海会寺的阔叶林下或灌丛中有成片分布	
	光叶鳞毛蕨	秀峰等地林缘、路边有零星分布	
	密羽鳞毛蕨	白鹤洞等地溪边有零星分布	
	有柄石韦	沙河等地有零星分布，附生于干旱岩石上或树干上	
	金鸡脚	观音桥、栖贤寺、庐山垅等地林下沟边或石缝中有少量分布	
	单叶金鸡脚	观音桥、海会寺等地林缘、路旁湿地或岩石上有零星分布	
300～1 000m区域	此区域分布蕨类植物250余种，涉及30个科70余属，占全山蕨类植物种类的80%，其中以金星蕨科、蹄盖蕨科、鳞毛蕨科和水龙骨科最为常见	此区域蕨类植物表现出强烈的喜阴倾向，茂密的常绿、落叶阔叶混交林及灌丛的林阴下，各种蕨类植物大量汇集，是本山蕨类植物最繁茂的区域	
100m以上区域	红盖鳞毛蕨	牯岭、植物园、三叠泉的林下及林缘广布	
	假异鳞毛蕨	汉阳峰等地的山谷林下有零星分布	
	阔鳞肋毛蕨	黄龙寺等地密林下有少量分布	

（续）

海拔高度	分布典型种类	分布状况	备注
	矩圆石韦	五老峰等地的山坡林下或树干上有少量分布	分布局限
	远叶瓦韦	汉阳峰等有少量分布，附生于林下树干或岩石上	分布极局限
全山广布种	蕨	全山各地山坡草地、灌丛或林缘有分布	
	毛轴蕨	全山各地山坡草地、灌丛或林缘有分布	喜阳蕨类
	海金沙	山坡及路边灌丛中广布	喜酸性土
	紫萁	全山林下、溪边及灌丛有分布	观赏价值较高
	华东蹄盖蕨	全山丘陵地林下有分布	
	延羽卵果蕨	平原、丘陵河边及山地林下均有分布	供观赏
	福建金星蕨	全山林下有零星分布	
	狗脊蕨	全山疏林下及山谷溪边有分布	
	贯众	全山有分布	
	庐山石韦	沟谷溪边石上或树干上有零星分布	
	柳叶剑蕨	林下岩石有少量分布	

土壤与蕨类植物的分布亦有着密切的关系，有的蕨类植物只能在酸性土壤上得到其生长所需的营养条件，而另一些蕨类植物却只能在钙质土上生长发育良好。因此，蕨类植物可作为可靠的土壤指示植物。

喜酸性的蕨类植物有：垂穗石松、石松、华东足蕨（*Plagiogyria japonica*）、海金沙、芒萁、里白、光里白（*Diploplerygium glaucum*）、瓶蕨、半边旗、扇叶铁线蕨（*Adiantum flabellulatum*）、虎尾铁角蕨、乌毛蕨、狗脊蕨（*Woodwardia japonica*）、东方荚果蕨（*Matteuccia orientalis*）等。

喜钙质土的蕨类植物有：凤尾蕨、溪边凤尾蕨（*Pleris excelse*）、粉背蕨、半边铁角蕨（*Asplenium unilaterale*）、华中铁角蕨、贯众等。

4　庐山蕨类植物的保护

（1）对庐山蕨类植物的保护应列为庐山风景名胜区内自然保护的一个重要内容，加强宣传，提高认识，尤其要加强中小学生的科普教育，使大家真正懂得，保护大自然，保护环境就是保护我们自己，就是保护子孙后代的根本利益。加强环境保护教育，切实提高环境意识。

（2）对分布庐山特有种类和国家保护种类的区域进行重点保护，设定特定区域，严禁采挖和采摘标本，停建一切破坏当地环境的基础设施，进行就地保护，这是植物多样性保护的最基本原则。

（3）进一步深入调查，了解庐山特有蕨类植物和珍稀濒危蕨类的种类、分布数量和生长状况，观察研究其生态生物学特性、探索其濒危的原因，逐步开展其育苗繁殖和引种驯化工作（包括孢子繁殖、块茎繁殖、分株繁殖等），探索快速繁殖的途径，从而从根本上解决蕨类植物的多样性保护问题。

参考文献

陈封怀（主编）. 1958. 庐山植物园栽培植物手册. 北京：科学出版社，1～35

林英（主编）. 1993. 江西植物志（第一卷）. 南昌：江西科技出版社，1～357

吴兆洪，秦仁昌. 1991. 中国蕨类植物科属志. 北京：科学出版社，1～28

徐声修，程景福. 1984. 井冈山的蕨类植物资源及其生态分布. 江西大学学报（自然科学版），(2)：79～93

SUSTAINABLE UTILIZATION AND CONSERVATION OF FERN DIVERSITY IN LUSHAN

Zhan Xuanhuai, Xu Xiangmei

(Lushan Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Lushan 332900)

Ferns belonging to higher plants with vascular bundle are crux link during the plant evolution process, atributed in transitional period between lower and higher plants, and form a connecting link between the lower and higher. Abundant fern plants become important Component of mountainous forest vegetation in lushan, widely distributed in various habitats, Which shows the fern's diversity. There are 315 species of ferns belonging to 39 families (30 varieties, 4 forms), 84 genus. This paper have explored and proposed three approaches for conserving fern resources in lushan, and considered that enhancing peoples consciousness of fern diversity conservation is a fundamental way.

Key words: Fern's diversity, Conservation, Sustainable utilization

中国动物园的多样性现状与发展对策

张林源
(北京麋鹿生态实验中心，北京 100076)

摘要 动物园是物种移地保护的重要场所之一，也是珍稀濒危物种移地保护最早、最多，而且较多成功的场所。自然保护越来越成为人类发展的重要课题，人们对动物的关注程度在提高，因而，对动物的认识和了解的最方便的场所——动物园也越来越被人们所重视。中国现有传统意义上的动物园 173 家，基本是每个大中城市有一家，随着经济的发展，近几年来又有许多各种类型的动物园建立，国家、集体、个人都在建，甚至在同一城市有多家动物园一哄而上的现象，此现象对动物保护和科普教育既有利也有弊，需要加强引导和管理。

关键词 动物园 多样性

动物园（Zoo）又称动物公园，也包括水族馆，从一般意义上讲，它是以展出野生动物、丰富和满足人类社会的文明生活而设立，从特殊意义上说，它还是珍稀动物移地保护和普及动植物科学知识、引导和教育人们热爱自然、保护野生动物的重要场所。但是，动物园的发展是经历了从私人观赏到对公众开放，饲养形式从笼养到场景式展馆并发展到现在的半散放、参与和浸入式展出。

1 动物园的历史

在古代就有活动物的圈养，为了观赏的目的而圈养野生动物的例子有许多，有中国皇帝的园囿、阿兹台克皇帝和埃及法老的私人圈养观赏动物等，在世界各地的皇家和贵族家庭收集和饲养奇异野生动物的情况持续到 18 世纪。现代动物园的历史开始于 18 世纪末和 19 世纪初，当时，在维也纳（1752 年）、巴黎（1793 年）和伦敦（1826 年）成立了动物园，随后，在欧洲、北美和世界其他地区的大量机构争相仿效，这些动物园的建立主要是因为动物协会的成员对外来动物的兴趣所致，部分是因为科学上的原因，其开始是不对外开放而仅为会员服务，随着动物园越来越多地面向公众，明显地公众也是对它们有着浓厚的兴趣，珍稀动物有着巨大的吸引力，随着休闲时间的增多和交通的改善，导致了在本世纪更多的私立和公立动物园的建立。

中国最早向公众展出野生动物是在本世纪初少数几个城市公园中设有的动物展区，如上海中山公园和复兴公园的动物展区，展出动物最多时有 40 多种 300 余只；北京“万牲园”算是全国动物种类和数量最多的动物园，最多时达 700 余只动物。自 1949 年后，动物园事业有了很大发展，北京“万牲园”改为北京动物园，各大城市相继建立了动物园或动物展区。

1.1 中国动物园的多样性现状

动物园是一个比较笼统的概念，只要有动物供公众观赏即是动物园的范畴，它不仅包括传统观点上的动物园，也包括水族馆、动物展区和各类专业动物公园。在称谓上有称动物园、水族馆、野生动物园、动物乐园、百鸟园、动物世界等等，一般建设较早、地点在城市内部或城市边缘的都称动物园，多由国家投资建设，属公共事业性单位，其动物展出形式多为笼养或圈养，属于传统意义上的动物园，一般一个大中城市只有一家，随着经济的发展和人们对动物的爱好和对环境的关注，自90年代又相继建立了几处较大规模的动物园，它的投资多为国家、集体、个人合作，建设地点也不是在城市内而是靠近城市的郊区比较自然的环境中，其动物展出形式是散放或半野生状态，人与动物之间没有了传统展出形式中的笼网，而是可以直接或间接地相互接触，满足了人们好奇的心理，此种动物园一般称作野生动物园或野生动物世界。水族馆是近几年才出现的以展出活的水生生物为主的又一新形式。

1.2 传统概念上的动物园

据中国动物园协会1998年统计的结果，中国有动物园173家，其中较大规模的动物园28家，多在大中城市，它们是：北京、天津、太原、石家庄、呼和浩特、哈尔滨、长春、沈阳、大连、西安、兰州、银川、乌鲁木齐、上海、南京、济南、杭州、合肥、福州、南昌、广州、长沙、南宁、武汉、郑州、成都、昆明、重庆，展出的动物有600余种10万余只（表1）。

表1 中国的重要动物园情况

动物园名称	面积（hm^2）	动物种类（种）	动物数量（只）
北京动物园	90	600	5 000
上海动物园	74	320	3 800
广州动物园	44	326	2 332
天津动物园	50	180	1 000
哈尔滨动物园	40	125	1 000
西安动物园	27	132	783
成都动物园	25	232	2 756

世界上人工饲养展览野生动物3 000余种10万余只，随着环境的日益恶化，野生动物原栖息地遭到破坏，许多动物越来越少，动物园作为最早饲养野生动物的场所，其动物移地保护也越来越重要。中国动物园从事了许多珍稀濒危动物的移地保护工作，中国现有一、二级保护动物330余种，其中动物园就饲养着200余种，中国的麋鹿、东北虎、华南虎、扬子鳄、野马等均是动物园的人工种群大于野生种群，其他物种如大熊猫、金丝猴、黑颈鹤、扭角羚、黑叶猴等也在动物园建立了小种群，为支持和恢复野生种群创造了一定的条件和基础。

中国动物园还积极参与建设了许多濒危动物繁育基地，以前，动物园展出的动物来源主要是捕捉野外的野生动物，在其自然栖息环境未被破坏或种群有一定数量基础上具有一定缓冲能力的时候，这种直接从野外引种的方式是无可非议的，但是，近几十年来濒危物种在增加，自然种群面临灭绝的危险，动物园仍继续把野外种群作为展出动物的主要来源已不可能，而且，从动物保护角度考虑是不可取的，动物园必须设法寻找展出动物的新的来源，而通过动物园之间的共同协作，调配物种血缘，建立能自我繁殖的人工种群是惟一的有效办法，即减轻了对野外物种的压力，也满足了动物园展出的需要，必要时又可以释放到自然环境中，支

持野外种群。目前，中国动物园已建立濒危物种繁育基地十几处，它们是成都大熊猫繁育基地、梧州黑叶猴繁育基地、合肥珍稀动物繁育基地、重庆濒危动物繁育基地、武汉金丝猴繁育基地、上海扭角羚繁育基地、西安动物园金丝猴繁育基地、乌鲁木齐西北特产动物繁育基地、昆明动物园西南特产动物繁育基地、广州动物园坡鹿繁育基地、上海动物园白鹳繁育基地、北京动物园朱鹮黑颈鹤繁育基地。

1.3 中国的新建动物园

随着社会的进步和人们生活水平的不断提高，人们已不满足环境恶化的现状，走向大自然，接近野生动物成为人们追求的目标，人与自然的关系问题越来越被大家所关注，社会投资也抓住此热点，纷纷投资在一些城市或郊区兴建动物园，投资者有国家、集体及私人，或多家共同合作。中国第一家新形式的动物园是在 1991 年建立的深圳野生动物园，是由深圳市旅游集团公司独资兴建，共投资 1.5 亿元人民币，一改旧的笼养式饲养方法，采用人工散养方式，做到动物与植物相结合，乘车游览与步行参观相结合，知识性与趣味性相结合，开创了中国新建野生动物园的先河，随后，河北的秦皇岛、上海、广东的番禺、海南的东山湖、黑龙江的哈尔滨等地也相继建立了此类型的动物园十几处，水族馆 50 余家，另有昆明、济南等地也在投资建设。有较大规模的野生动物园和水族馆情况见表 2。

表 2 中国新建或正在建设的较大规模动物园情况

名称	面积（万 m^2）	动物种类（种）	动物数量（只）
深圳野生动物园	120	300	10 000
秦皇岛野生动物园	300	100	5 000
上海野生动物园	200	200	4 600
广东番禺香江野生动物园	130	400	2 000
海南东山湖野生动物园	130	80	1 000
济南野生动物世界（建设中）	200		10 000
云南野生动物世界（建设中）	150	200	10 000
北京八达岭野生动物世界	130	120	3 000
北京海洋馆	4.2	1 300	50 000
北京工体富国海底世界	0.78	100	6 000

在全国的许多地方也出现了私人兴建小型动物园的热潮，最早的私人动物园是辽宁的海城西柳镇赵正栓于 1983 年建立的。现在，仅北京就有各种类型、不同性质的动物园 14 家，全国的动物园数量更多。针对这种一哄而上建动物园的现象，国家建设部、国家林业局分别在 1994 年、1996 年颁布了《城市动物园管理规定》、《关于加强野生动物园建设管理的通知》。

2 动物园存在的问题

动物园以及新建的野生动物园由于受到场地、资金、时间、技术等多方面因素的影响，存在着许多的问题。

2.1 复杂多样

动物园的形式和称谓上比较多样，饲养方式上有笼养、圈养、散放等多种形式；饲养地

点有城市、郊区、公园一角、野外、旅游景点、庭院；投资者有国家、集体和个人；称谓上有叫动物园、动物世界，也有叫动物乐园、野生动物世界，专业性动物园也称作百鸟园、海洋馆、海底世界水族馆等多种多样。

动物园的管理和规划上比较复杂，动物园的建设涉及建设、林业、计划、环保、农业、海洋等多个行政主管部门，相互间又有交叉，无权威部门统一规划管理，出现谁都可以管又谁都管不了的情况，因此，就有了建设者拿着一家或几家行政主管部门的批准而其他行政主管部门又不完全认同的现象。因此，在建设之前就有比较科学的规划、论证和批准是必要的。

动物园的数量较多，没有按照地区、人口、经济水平等因素合理安排，有的地区各类动物园数量达十几个。

动物园的动物品种没有特点，盲目追求动物的种类和数量、小而全；不考虑动物对环境条件的要求，大量引进国外和其他地区的动物，给动物造成伤害。

2.2 有着对野生动物保护不利的因素

野生动物保护是动物园的重要工作之一，非栖息地动物种群建立的重要任务之一就是在野外原栖息地条件许可的时候重新把人工种群经过野化放回到原生地，以其支持野外种群。但目前，我国动物园与动物间的流向是单向的，一般情况是野生动物被捕捉而运进动物园，而由动物园流向野外的动物是极少的，只有北京麋鹿生态实验中心、北京八达岭熊乐园、以及少数的鸟园等单位向野外释放过麋鹿、黑熊、金雕等动物。而新建的野生动物园需要更多的野生动物来展出，更加助长了动物由野外或其他动物园向新建动物园的流向。特别是水族馆的水生生物更多是直接来源于江河、海洋，因为水生生物在人工水环境中较难繁殖。这种对野生动物的需求也助长了一些人和组织不顾法律的约束到野外猎捕野生动物，加重了野生动物的生存压力，使有些物种濒于灭绝。

一种野生动物越是稀少，人们对它越是好奇，往往也就成为展出单位追寻的目标，又会被拆分到多个地方小种群或单只饲养，长时间缺少相互之间的基因交流，成为生殖相对隔离的小种群或终生不知同类的单独个体。现在，许多动物园常见的体色异化动物（如：白孔雀、白虎、黑豹、白黇鹿等）、畸形个体、无繁殖能力、精神异常、野性丧失等都是由于动物管理者不是完全为了野生动物着想而造成的；我国传统动物园的动物与人是相互隔离的，为了相互的安全还做了一些网、栏杆和警示牌防止投喂食物和接触动物，而新建野生动物园为了满足人们的好奇心理，大多采用浸入或散放式管理办法，使人与动物能相互接触或距离比较近地观赏，为了这个目的甚至采用参观者自己投食的方式，引起动物误食异物或感染疾病而死亡，而且这种接触也使动物丧失掉许多固有的本性，为将来释放到野生环境中生存带来困难，这些行为有意或无意地伤害了野生动物。更有甚者，个别动物园找出各种理由来直接伤害或宰杀野生动物。

2.3 对人的直接影响

新建动物园特别关注的是给野生动物提供一个相对适宜的栖息环境以及人能够参与的场所，前者有利于动物的生长，而后者给人们提供了休闲娱乐、增长知识的同时也会给人带来伤害。由于人与野生动物的交流和信任需要一个漫长的过程，野生环境下的动物因为受到人类活动的影响对人是不信任或敌视的。也由于人们不完全了解野生动物的习性，特别是动物的发情期和哺乳期，动物为了自己的领地或幼仔，往往具有较强的攻击性，因而，常常发生观众被伤害事件。动物园的动物多来自野外，它们的疾病并未被人们完全了解，又因动物园

的防疫工作问题，有许多的人兽共患疾病会从野生动物传染给人，还有些动物园虐待野生动物的做法也误导了人们特别是少年儿童的思想。

4 中国动物园的发展对策

现在，世界各国动物园的发展数量是平稳的，发展方向是由笼养到散养，动物园的建设地点也是由城市到郊区，最后提倡的是野生动物并不完全是被人类欣赏和利用的对象，而是作为地球上和人类一样的生物，有着与人类同样的生存权利，人类应该将野生动物看成自己的朋友。了解和认识野生动物应该到大自然中去，应该把野生动物从那些按人类的目光创造的环境中放归到大自然中。最后，不论是何种形式的动物园都将会被自然保护区和大自然所代替。除非那些在自然环境中有灭绝的危险和人类真正了解了野生动物的时候，才应该有纯粹的野生动物救护所的存在。

中国动物园的发展正是随着经济的快速增长而有了今天的进步，但是，面临出现的和将来要出现的问题，我们应该有所对策。

4.1 需要一个专业咨询组织

成立一个由野生动物、园林园艺、畜牧兽医、环境保护、科普教育等有关专家组成的专业咨询组织，应准备投资建设动物园者的邀请和国家专门管理机构的委托，对该项目进行论证评估。论证的内容应该有：①野生动物的来源、品种、管理、保护级别、环境要求等；②园内植物的绿化美化、与动物隐蔽和食物的关系等；③专业技术人员的数量与配置比例；④当地的疾病与疫情、防病和治病的的技术措施；⑤对当地的空气、水等环境指标有无影响；⑥科学研究的内容、条件和力量；⑦动物、植物及环境教育的内容和方法；⑧资金性质、来源与保障等。

4.2 需要一个权威管理机构

成立一个由有关部门组成的权威管理机构，完全负责动物园的规划、审批和检查。组织有关专家根据动物园的功能要求制订动物园的分级标准；统一规划动物园的数量和分布；对申请建设情况进行论证、评估和审批；指导、监督和检查动物园。

4.3 加强人们的学习和教育

动物园的功能之一就是科普教育，而现有动物园给人们提供的只是活的动物以及动物本身的知识，缺乏人保护动物自然意识的教育。有些伤害野生动物的行为是人们知识的匮乏造成的。只有加强学习和教育使人们自觉地保护自然爱护野生动物，人类与野生动物才能和平相处，自然才能平衡、和谐。

参考文献

郭庆文.1996.我国动物园之探讨.见：顾文义（主编）.动物园（第二辑）.北京：中国动物园协会，344～346

Roger，J. Wheater. 1993. 中国动物园协会编译.1993. 世界动物园保护策略.北京：中国动物园协会

刘舰.1996.社会主义市场经济形势下园林事业生存与发展浅析.见：顾文义（主编）.动物园（第三辑）.北京：中国动物园协会，429～431

郑淑玲．1993．中国动物园协会在野生动物的移地保护中的作用．见：王梦虎（主编）．中国动物园协会重要文件汇编

DIVERSITY SITUATION AND DEVELOPMENT STRATEGY OF ZOO IN CHINA

Zhang Linyuan
(Beijing Milu Ecological Research Center, Beijing 100076)

Zoos are important sites for species *ex situ* conservation. They are also the earliest sites in preserving animals, and the most successful location of endangered rare species translocation. Natural conservation becomes important problem of human development. People pay more and more attention to animals . Thus zoos are considered as the most conveninent sites to know animal. There are 173 zoos in traditional implication in China, almost one in every large and middle sized city. However as economy developing recently, various types of zoos have been set up by the state, groups, or individuals, even several zoos have been constructed in the same city. For this new development has advantages and disadvantages in animal conservation and scientific education . The management of zoos should be strengthened.
Key words: Zoo, Biodiversity

麋鹿的兴衰与受威胁等级变化研究

张林源[1]　夏经世[1]　蒋志刚[2]

([1]北京麋鹿生态实验中心，北京 100076)

([2]中国科学院动物研究所，北京 100080)

摘要　麋鹿是中国特有的鹿科动物，也是中国一级保护物种。本文参照 IUCN 濒危动物等级，探讨了麋鹿的兴衰历史与受威胁等级变化。以描叙时间断面中物种濒危现状的 IUCN 濒危动物等级，研究不同历史时期麋鹿的濒危状态。麋鹿自第四纪中更新世出现至现在已有 180 多万年的历史，其发展过程经历了从出现到商周时代的不受威胁期、商周至汉朝的低受胁期、汉朝至元朝的高受胁期、明朝至现在的濒危期、1865 年至 1944 年的极危期、清朝嘉庆年间的野外绝灭期。造成受威胁的主要原因是人类的干扰和环境变迁。80 年代中期，我国从英国重新引入麋鹿。目前建立了北京南海子、江苏省大丰、湖北省石首等麋鹿种群。麋鹿是世界物种重引进项目的成功范例，目前麋鹿已逐步脱离濒危，建议重新考虑和规划中国麋鹿的保护工作。

关键词　四不象　濒危物种　濒危等级

1　麋鹿的发展历史

现生麋鹿（*Elaphurus davidianus*）即达氏种，又称“四不象”。从已发现的化石看，麋鹿属中还有 4 种，即双叉种（*E. bifurcatus*）、晋南种（*E. chinanensis*）、蓝田种（*E. lantianensis*）和台湾种（*E. formosanus*）。本文研究达氏种。

1.1　麋鹿的出现时间

麋鹿是一种仅限于第四纪（Quaternary Period）中后期的哺乳动物，在早更新世（Early Pleistocene）还无可靠证据证实麋鹿的存在，中更新世（Middle Pleistocene）时才有一些化石证据。

1.2　麋鹿的分布

从现在已知的 190 多个出土的化石分布地点确认，麋鹿的分布区西至山西省的汾河流域，北至辽宁省的康平，南到浙江省余姚，东到沿海平原及岛屿。大致分布为东经 111°以东和北纬 29°～43°之间。

1.3　麋鹿的数量变化

麋鹿出现在早更新世，晚更新世（Late Pleistoeene）麋鹿种群发展迅速，到全更新世（Holocene）中期，麋鹿达到鼎盛，但商周以后麋鹿迅速衰落。人们在商周时期已经有人工饲养麋鹿。汉朝以后麋鹿数量日益减少，到了明清时期，麋鹿野生种数已小于人工种群，只在

长江中下游的泰州、海安、南通等地有少量残余种群，本世纪初，麋鹿在中国消失。19世纪末流失国外的麋鹿在英国的乌邦寺（Woburn Abbey）保存下来，麋鹿数量由1898年的18只发展到1914年的88只，1945年的250只。二次大战后，开始从乌邦寺人工将麋鹿扩散到世界各地，到1986年全世界已有200多个国家或地区的公园或动物园饲养着1 500多只麋鹿，1998年已达到2 500～3 000只。1965年、1973年中国从国外分两次各引进一对麋鹿，喂养在北京动物园，但繁殖不太成功。1985年和1987年中国分别引进了20只和18只麋鹿，放养在北京南海子原皇家猎苑旧址。1986年又从英国9家动物园引进39只麋鹿放养在江苏大丰。到1998年中国的麋鹿数量已达700余只（蒋志刚等，1999）。

2 麋鹿受威胁的因素

全新世中期以前，麋鹿的生存没有受到威胁。原始人类由于人口密度低、生产力水平低下不构成对麋鹿的威胁，而商周（公元前1771年～公元前256年）以后，麋鹿的减少就是由于自然变迁、麋鹿自身和人为干扰等因素造成的。

2.1 自然因素对麋鹿的影响

距今六七千年至2500年时期，麋鹿分布区气温较现在温暖，距今2 500年前后到公元1 050年左右时期，气温变化的总趋势是由高向低的，但还比较温暖，从公元1 050年以后，气温变化的总趋势是逐渐寒冷。距今六七千年前，与野生麋鹿有着相似兴衰历史而今仍生活在南亚的犀牛（*Didermocerus sumatrensis*）在我国的岭南地区是“冬月，掘地藏身而出鼻……”（《寰宇记 岭南道》）。这种描述说明1050年后，岭南地区气温有了进一步的降低（曹克清，1988）。麋鹿是一种喜爱温暖湿润栖息环境的动物，中国近5000年来的气温变冷、沼泽和水域明显减少的自然环境变化因素对麋鹿有较大的影响。

2.2 麋鹿受威胁的自身因素

麋鹿是鹿类动物中较温顺的一种。根据对南海子麋鹿种群14年的行为观察发现麋鹿的奔跑速度不及梅花鹿（*Cervus nippon*）和狍（*Capreolus capreolus*），从不主动攻击人，发情期麋鹿公鹿也不像梅花鹿、马鹿（*C. elaphus*）、白唇鹿（*C. albirostris*）那样攻击人。而且占群公鹿见到人接近即逃跑；在哺乳期，人给幼仔打耳号、测量时，幼仔的叫声只能吸引母鹿在远处观望，而不向其他鹿那样，母鹿为了保护幼仔而攻击人；雄性麋鹿之间为争夺配偶的角斗是非常温和的，没有激烈的冲撞和大范围的移动，雄性麋鹿角斗的时间一般不超过10min，失败者只是掉头走开，胜利者不再追斗，很少发生鹿之间的伤残现象。公鹿占群后，其他公鹿窥视母鹿时，占群公鹿用吼叫和追逐等方式赶走对方。麋鹿的体形和性格决定了它逃避敌害能力差，较易被天敌捕食和人类的捕杀。《卜辞》中记载，仅武丁（公元前1230年～公元前1171年）时猎获的麋鹿就有1179头，其中200头以上的就有2次（胡厚宣，1944），说明麋鹿较易捕捉。麋鹿采食主要是水生和陆生的禾本科（Gramineae）及豆科（Leguminosae）植物，不食或很少采食木本植物。性格温顺、易受伤害和食性狭窄是麋鹿受威胁的自身因素。

2.3 人为干扰因素

人口增加和农业发展，侵占了麋鹿的生活地域。麋鹿的栖息环境——沼泽平原，也是人类活动最多的地区。随着农业的发展，沼泽湿地被开垦为稻田。古代大小诸侯之间的战争，人类为了食物而捕杀麋鹿都影响了麋鹿的生存。0.4万～1万前人类遗址中出土的麋鹿骨骼数量

与家猪骨骼数量相当。可见当时麋鹿被人类当作食物而猎杀的数量之多。而甲古文记载古代先民一次猎获麋鹿的数量达 348 只（夏经世，1986)。麋鹿自古以来即被人所看成浑身都是宝的动物，被制成治病和强身的各种药品。明朝李时珍的《本草纲目》记载："麋茸功力胜鹿茸……麋之茸角补阴，主治一切血症，筋骨腰膝酸痛，滋阴益肾……"。古籍《彭祖服食经》、《家藏经验方》及现代的《中医方剂大辞典》中用麋鹿茸、角、骨等做配方的方剂就有几十项。麋鹿由此也就成了人类为治病而追杀的对象。

自然因素、麋鹿自身的因素是麋鹿分布区逐渐缩小、南移的原因，而人类活动的干扰是麋鹿走向野外灭绝的决定因素。

2.3 麋鹿受威胁等级变化

IUCN 于 1994 年 11 月 30 日在瑞士格朗德(Gland, Switzerland) 召开的 IUCN 理事会第 40 次会议上正式通过了《世界物种红色名录濒危等级》(IUCN Red List Categories)，将物种濒危等级划分为绝灭（Extinct)、野外绝灭（Extinct in the Wild)、极危（Critically Endangered)、濒危（Endangered)、易危（Vulnerable)、低危（Lower Risk)、数据缺乏（Data Deficient）和未评估（Not Evaluated）8 个等级和 3 个亚等级。

麋鹿是中国特有的鹿科动物，现属于我国一级保护动物。有着特殊生物学特点和复杂历史，又是世界保护联盟物种保存委员会饲养繁殖专家组（CBSG/SSC/IUCN）和世界动物园组织（IUDZG）所记录的 138 个物种重引进项目中 15 个成功的项目之一，也是中国目前物种重引进项目中惟一成功的项目。我们参照 IUCN 濒危动物等级，探讨了麋鹿的兴衰历史与受威胁等级变化。以描叙时间断面中物种濒危现状的 IUCN 濒危动物等级研究了不同历史时期麋鹿的濒危状态。麋鹿的发展历史经历了不受威胁、濒危、极危、野生绝灭等发展阶段。

3.1 数据缺乏（DD）或不受威胁

第四纪中更新世（约 85 万年）以前至商周（公元前 1 711 年～公元前 256 年）两个朝代之前。

麋鹿的存在所占的地质时间较短，也较晚，仅局限于第四纪中后期的哺乳动物。日本学者大塚（Otsuka）等人认为最早出现的时间可能是上新世（Pliocene)。从我国华北地区来看，最早的麋鹿化石是在早更新世地层中发现的（计宏辉，1985)。因这个时期我们还不能肯定地证明它出现时间，当时麋鹿的数量及分布变化等情况仍需做进一步的工作。从中更新世至商周，此时期没有证据证明麋鹿受到威胁，而有证据证明它是发展鼎盛时期。

麋鹿化石多发现于第四纪中更新世以后的沉积物中，从当时出土的植物化石看出，第四纪冰后期的温暖和寒冷的交替时间，而此时的麋鹿处于气候温暖期。从已发现的 190 个化石点看它的分布区为东经 111°以东，北纬 29°～43°之间（曹克清，1988)。当时人对麋鹿的影响少，因而，此时期的麋鹿是不受威胁时期。

3.2 低危（LR）

商周至汉朝（公元前 206 年～公元 220 元）之前。

周朝以后一方面野生麋鹿开始减少，另一方面人们也开始驯养这种较温顺的动物。此时期是野生种群和驯养种群并存，而野生种群还远远大于人工种群。《孟子》中记述"梁惠王章名上"中有"文王之囿，方七十里"，"梁惠王章句下"中又有"孟子见梁惠王。王立于沼上，顾鸿雁麋鹿曰：'贤者亦乐此乎'……。文王生活的时代是西周（公元前 11 世纪～公元前 770 年)，孟子和梁惠王生活的时代是东周（公元前 770～公元前 256 年)，都是周朝的事。证明至

少周朝的皇家园囿中已有了驯养的麋鹿（曹克清，1988）。甲骨文里也有反映商王灭绝性猎捕麋鹿的事实，其中有4次，一次是“毕虎、允毕、获麋八十八”；一次是“毕麋、允毕二百九”，另一次是“允毕，三百四十八”。商王还有一次捕麋上了瘾，于是就带人策马穷追不舍，从甲子到癸卯一共追了40天，仅这4次就捕获麋鹿726只。

胡厚宣（1944）对《卜辞》记载的情况做不完全统计，仅武丁（公元前1254年～公元前1194年）时期，猎获的麋鹿就有1 179头，其中200头以上的有2次。《逸周书·世俘解》中记载武王（公元前1027年～公元前1925年），伐纣以后，“武王狩，禽虎二十有二，猫二，麋五千二百三十五，犀十有二”。这些记载说明在当时人类对麋鹿的捕杀程度。这一时期是人类对麋鹿生存构成真正威胁的开始。春秋战国时期（公元前722年～公元前481年）野生麋鹿就比较少了，人们开始在园囿中圈养，并为争夺麋鹿还引起战争。“郑之有原圃，犹秦之有具囿也，吾子取其麋鹿以闲敝邑若何?”（见《左传》鲁僖公三十三年），齐宣王为了保护自己园囿的麋鹿，甚至制定了一条刑律，“杀其麋鹿者如杀人之罪”。此时期的麋鹿受威胁的主要原因是人为的猎杀，处于低危期。

3.3 易危（VU）

汉朝至元朝（公元1206年～1368年）之前。

从出土的麋鹿化石发现商周前野生麋鹿的繁盛时期已经过去，而汉朝前的大量文献又记载了人类大量捕杀麋鹿的事实说明，此时期麋鹿由于人的猎杀而大量减少。而汉朝后的文献记录次数、描述的野生数量和猎杀数量都较以前为少。因此推断，商周以后，一方面文献记录次数、描述的野生数量大为减少走向绝灭，另一方面，人类开始驯养麋鹿。直至汉朝或汉朝以后，野生麋鹿日益减少（曹克清，1988）。西晋（265年～317年）张华所著《博物志》里描述“海陵县多麋，千万为群，掘食草根，其处为泥”。这时，麋鹿在个别地区还有较大群。南北朝（420年～589年）时，陶弘景在《政和经史证类本草》也记载了当时野生麋鹿常在长江下游地区出现。

我国东南部地区人口较多，也是麋鹿的分布区。唐朝（618年～907年）又是生产力和人类发展的较快时期。北方游牧、善狩猎的少数民族的崛起，其影响几度波及中国大部分地区。辽金等统治者的游猎活动主要是射鹿。人类的开荒种地，围湖造田等活动加速了破坏麋鹿栖息环境的速度（蒋志刚和李迪强，1999）。从气温变化看1 050年后气温逐渐寒冷，湖泊和沼泽面积减少，在这一时期麋鹿分布区少于20 000km²，且分布区和占有面积也持续减少。因此这一时期麋鹿处于易危期。

3.4 濒危（EN）

元朝至1900年之前，以及1945年至现在两个阶段。

元朝以后野生麋鹿就非常少了，只有不多的文献记载。清乾隆（1736年～1795年）汪芸巢所著《州乘一览》中记录了黄海与长江交汇处“廖家嘴，渔人见海岛中，麋鹿浮水至，衔其草，缠置角上而去。”清嘉庆（1796～1820年）金榜所著《海曲拾遗·物产类》记载：“麋鹿喜居泽，里老云：每见北堤外有越海来者，乘流而渡，两角载海藻为裹粮，逢洲可息，即梢下食之，又或稀草至町场栖止。”这些记载说明当时我国东南沿海还有麋鹿的活动，但无具体的数量描述。此时其麋鹿的驯养种群已大于野生种群。驯养种群主要是当时北京南海子皇家猎苑。从元朝开始在北京南海子建立皇家猎苑，至清朝的1894年永定河水冲毁为止，前后三代皇帝将其作为狩猎场，皇家猎苑东西16～18km，南北11～13km，总面积约为210km²。

元代开始时，大都（今北京）周围八百里之内被划为禁止平民打猎的禁猎区。明成祖（1403年～1425年）定都北京后，才将城南（今大兴县、朝阳区、丰台区的部分地区）划为皇家猎苑，麋鹿是主要狩猎动物之一。清朝初期（1616年）增设四面土围墙和九门，并制定完整的规章制度。清朝同治四年（1865年）法国传教士大卫（Père Armand David）"发现"了麋鹿。从此，麋鹿被引到国外，并开始了麋鹿流失国外的历史。麋鹿濒危的第二阶段是1945年至现在，此阶段中国的野生麋鹿已绝灭，1945年的英国乌邦寺有250头，并开始向世界各地输散，此时麋鹿才度过极危期并向濒危期发展，现在，全世界的麋鹿数量是3 000只左右。预计到1999年繁殖结束，中国的数量将达到800只以上。

3.5　极危（CR）

1900年至1945年。

1900年之前的麋鹿的数量不超过300只，成熟个体数不多于250只，且全部在南海子皇家猎苑的一个种群中，而且分布区是210km²。自1865年后的几十年里，西方各国从中国运走的麋鹿根据零散的记载统计至少有19只，这19只多死于途中或在以后没有繁殖，仅1876年运往柏林的1雄2雌繁殖了后代（于长青，1996）。1894年北京的南海子因洪水冲毁围墙，麋鹿失散，1900年八国联军攻占北京又被猎杀。此时麋鹿在中国绝灭了。这期间，英国乌寿寺的主人收集了18头麋鹿放养在4km²庄院之中，到1914年麋鹿数量由18只发展到72只，1945年发展到250只。这一时期麋鹿的成熟个体少于250只，并且所有个体都在一个种群，故是极危时期。

3.6　野外绝灭（EW）

约为清朝的嘉庆年间（1776年～1820年）。

清朝嘉庆年间《海曲拾遗》记载在我国的东南沿海及岛屿还有麋鹿出现。没有更晚的文献记录证明麋鹿在这以后的野外存在。Dobroruka（1970）根据伦敦不列颠自然历史博物馆里R. Swinhoe 1870年在海南岛收集的两张麋鹿皮标本，认为1868～1869年间海南岛还可能有野生麋鹿，并且可以将麋鹿的分布区由北纬29°向南移至北纬18°，但是这两张麋鹿皮是出产自海南岛还是产自别处而由当地人将皮带到海南岛，R. Swinhoe得到时是新鲜的还是旧的，尚不清楚。1894年丁玉华、曹克清作野外调查时听到江苏泰县桥头乡81岁老农说其父曾见过当时生活的麋鹿。似乎也证明在清朝嘉庆年间是野外麋鹿的最后绝灭时间，但无可靠的实物证据。

4　现生麋鹿的发展趋势和麋鹿解除受威胁状况的预测

麋鹿经历了从低危、易危、濒危和极危后又经历了从极危到濒危的过程。前一过程经历了40 000年以上，而后一过程只经历近150年时间。这两个阶段中麋鹿受威胁等级变化的第一过程主要是人类活动加上自然因素造成了麋鹿的濒危，后一过程完全是人的因素使麋鹿种群逐渐恢复。因此，人类可能造成物种灭亡，也可以挽救一个物种。

麋鹿现在已经在23个国家或地区的近200个公园或保护区中饲养。总数量约3 000只。饲养地点最多的是美国（40多个），饲养规模最大的是英国乌邦寺（600余只），发展最快的是中国。截至到1999年繁殖期结束，中国14年来麋鹿已达800多只。中国现已有3个散放或野生种群和20多个人工圈养小种群（动物园等地）。据英国伦敦动物学会Manton统计，

1986年全世界麋鹿总数为1 406头(曹克清，1988年)，丁玉华1994年统计全世界达2 000余头。从1963年到1986年世界麋鹿年递增率为5.9%。中国自1985年开始重引进麋鹿以来，已形成南海子种群、大丰种群、石首种群3大种群，3个种群分别以16%、17%、和20.3%的速度增长。考虑到北京南海子种群受面积的制约，会对今后的种群增长有一定影响，16%的增长速度会降低一些；大丰种群又因为新增16km^{2}的散放面积的有利因素和保护区的长角血蜱（*Haemaphysalis longicornis*）（孙大明等，1998）对种群的制约因素，估计种群增长速度会保持在17%左右；石首种群因保护区的面积较大，自然条件好，周边环境的持续改善，以及南估计应该以17%左右的速度增长，到2000年总计会达到1 073余只。而从世界范围来看，丁玉华（1995）报道，1986年前世界麋鹿的年平均增长为5.9%，其总数为1 749只。曹克清（1990）报道，1986年全世界麋鹿总数为1406只。1986年以后由于中国麋鹿的快速增长，全世界麋鹿年增长会比5.9%略高，但仍按5.9%这一增长速度保守地计算，到2000年全世界麋鹿总数应该是3 135～3 900只。大大超过受威胁的1 000只的限制。因此，麋鹿到2000年就不是濒危动物了。世界自然保护联盟早已将麋鹿从濒危物种红皮书中划去，因此建议我国也应该重新评定麋鹿的保护等级，希望有关部门和单位积极支持麋鹿的扩散工作。麋鹿集中在少数几个地点圈养，种群易遭受传染病、寄生虫和种群遗传漂变的影响，所以麋鹿的饲养地点也是越多越好，毕竟“把鸡蛋放在一个篮子里是危险的”。适宜麋鹿散放或野生环境不多的情况下，允许关心麋鹿的各方力量在国家的计划和指导下人工饲养麋鹿。

参考文献

曹克清.1983. 中国的麋鹿. 野生动物，(4)：12～18

曹克清.1988. 中国麋鹿. 上海：学林出版社

曹克清.1990. 现生麋鹿知多少. 野生动物，(2)：8～13

丁玉华.1995. 世界麋鹿数量及其分布. 野生动物，(1)：42～43

丁玉华和曹克清.1998. 中国麋鹿历史纪事. 野生动物，(2)：7～8

计宏祥.1985. 四不象属地理分布的变迁. 古脊椎动物学报，(23) 214～221

蒋志刚等.1999. 中国现生麋鹿种群的密度制约问题. 动物学报（印刷中）

蒋志刚和李迪强.1999，土地覆盖变化与普氏原羚和麋鹿的保护. 自然资源学报，14 (4)（印刷中）

梁崇岐等.1991. 我国半散放的麋鹿生境植被及采食植物种类的研究. 林业科学，27 (4)：425～434

孙大明等.1998. 大量蜱寄生引起麋鹿贫血症例报告. 畜牧与兽医，30 (2)：72～73

盛和林等.1992. 中国鹿类动物. 上海：华东师范大学出版社，224～232

王玉玺.1983. 从麋鹿的形态特点探讨其生境. 野生动物，(5)：10～13

夏经世.1986. 我国古籍中有关麋的一些记载. 兽类学报，6 (4)：267～272

解焱.1995. 世界物种红色名录濒危等级. 北京：中华人民共和国濒危物种科学委员会

于长青.1996. 中国麋鹿遗传多样性现状与保护对策. 生物多样性，4 (3)：130～134

Dobrobruke, L. J. 1970. To the supposed formerly occurrence of the David's deer, *Elaphurus davidianus* Milne-Edwards, 1866, in Hainan. Mammalia, 34 (1): 162～164

HISTORY OF THE PÈRE DAVID'S DEER AND ITS ENDANGERMENT STATUS

Zhanglinyuan[1], *Xia Jingshi*[1], *Jiang Zhigang*[2]
([1] Beijing Milu Ecological Research Center, Beijing 100076)
([2] Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Père David's deer (*Elapharus davidiaen*) is endemic to China. Fossil records indicated that Père David's deer appeared on the earth one million and eight hundred thousand years ago in the Quaternary, middle Pleistocene. The history of Père David's deer covers different periods with its different endangerment status . The non-endangered period which was from the appearance of the Shang-Zhou dynasty, the lower risk period was after Shang-Zhou dynasty to Han dynasty, its vulnerability period was after Han dynasty to Yuan dynasty, and the endangered period after Yuan dynasty to 1990's. The Père David's deer was extinct from the wild in 19 century. Since 1900, Père David's deer only survived in the captivity. Main threats to the survival of the Père David's deer is human disturbances and natural environmental changes. Père David's deer has recovered from endangered situation, which is a successful paradigm of species reintroduction project in China. We suggest that we should re-evaluate the conservation status of Père David's deer in China and eliminate the species from the List of National Key Protected Wildlife Species, for it is no longer at endangered situation.

Key words: *Elapharus davidiaen*, History

湖北神农架自然保护区的昆虫物种多样性初步研究*

周红章　于晓东　罗天宏　何君舰　周海生　叶婵娟

（中国科学院动物研究所，北京 100080）

摘要　昆虫物种多样性在生物多样性保护研究中有着重要的地位，湖北省神农架保护区生物多样性极为丰富，保存状态相对良好，是我国生物多样性研究的关键地区之一。然而，该地区的昆虫生物多样性研究极为薄弱，就是一般的物种调查也为数不多，所以，研究该地区的多样性，调查昆虫的物种组成，能为本区的多样性研究积累资料，并为长期观测打下基础。我们选择暖温带针叶林、落叶阔叶林、针阔叶混交林、亚高山草甸、箭竹林及溪边灌丛六种不同环境，以 23 块样地为代表，以巴氏罐诱法为主，结合网筛、扫网、灯诱等方法，进行全面的标本采集与数据收集。经过室内标本的初步整理鉴定和数据分析，得到结果如下：①共获得标本 58 368 号，昆虫标本 46 213 号。除昆虫外，环节动物、软体动物、多足纲动物及蛛形纲动物也有相当数量的分布。膜翅目和鞘翅目是昆虫纲中数量最丰富的两个目，其次为半翅目、同翅目、双翅目、直翅目及脉翅目等。膜翅目以及整个昆虫中数量最丰富的类群是蚂蚁（蚁科）；而鞘翅目中数量最丰富的类群是隐翅虫科、步甲科和叶甲科。②昆虫分布与环境的关系非常密切。从相对高的分类阶元来看，如昆虫纲及其中的鞘翅目、双翅目、直翅目、膜翅目等，环境对昆虫数量分布没有显著影响；但从相对低的分类阶元来看，如鞘翅目的步甲科、隐翅虫科等，环境就对昆虫数量分布有显著影响。③在一些特殊地点，发现若干特殊的昆虫物种，这表明神农架地区在昆虫物种保护上具有特殊地位。

关键词　昆虫　物种多样性　神农架自然保护区

昆虫在生物多样性保护中具有重要的地位（Samways，1993），然而在全球范围内，相对于大型动物和植物，个体小、数量多、分布广的昆虫的物种多样性研究没有得到足够的重视（Ponder，1992）。湖北省神农架林区是研究我国生物多样性及其现状的关键地区之一，对于探讨全球陆生生物多样性格局，也有重要价值。近年来备受国内外研究者的关注（马克平，1997）。到目前为止，神农架保护区的昆虫多样性研究积累甚少，与其他生物类群或其他区相比明显不足。研究神农架自然保护区昆虫物种多样性，完成该区的定点定位调查，将为长期监测打下基础，也将对该地区生物多样性整体研究的深入产生一定影响，同时，也会为全国的物种多样性研究提供重要数据。1998 年 7 月 14 日～8 月 16 日，我们组队到神农架核心保

* 本项目得到中国科学院动物研究所所长基金及国家自然科学基金重大项目（NSFC No. 39893360）资助。

护区，重点进行昆虫及无脊椎动物的定点定位调查。

1 研究样地与方法

为了调查昆虫物种多样性及其数量分布，以及种类和数量在不同生态环境中的变化，本项研究选择暖温带针叶林、落叶阔叶林、针阔叶混交林、亚高山草甸、箭竹林及溪边灌丛 6 种代表环境，共设 23 块样地；每块样地长约 30～50m，宽约 5～10m（样地分布详见表 1）。这样的定点设计方案充分考虑了神农架保护区的实际情况，应该具有相当的代表性。调查采集方法主要是巴氏罐诱法（累计罐诱点 3 392 处，每块样地设 100～220 个引诱点），进行种群数量变化的相对估测，并结合土网筛、昆虫扫网、灯诱等方法，以求达到进行全面标本采集与数据收集的目的，使物种尽可能丰富。

表 1 湖北神农架保护区昆虫生物多样性调查样地设定（单位：块）

调查地点与海拔高度		针叶林	阔叶林	混交林	溪边灌丛	亚高山草甸	箭竹林	累计样地数
九冲	(1 240m)	—	—	1	—	—	—	1
关门山	(1 400～1 500m)	2	—	3	1	—	—	6
酒壶坪	(1 870～1 920m)	1	—	—	1	—	—	2
红石头沟	(1 870m)	—	—	1	—	—	—	1
大龙潭	(2 180m)	1	—	—	—	—	—	1
小龙潭	(2 180m)	—	—	1	—	—	—	1
金猴岭	(2 320～2 410m)	—	—	2	—	—	—	2
神农顶	(2 700～2 890m)	—	—	—	—	1	1	2
瞭望塔	(2 820m)	—	—	—	—	1	—	1
坪堑干沟	(1 610～1 620m)	—	2	—	—	—	—	2
东溪	(600m)	—	—	1	1	—	—	2
下谷	(750m)	—	2	—	—	—	—	2
累计样地数	4	4	9	3	2	1	23	

标本初步鉴定依据 Bruce 等（1954）和 Freude 等（1964）的专著，必要时对照中国科学院动物研究所馆藏定名标本。更进一步的属种鉴定由相应的专家完成。

采用单因素方差分析方法，分析昆虫数量在不同环境下的分布差异，检验环境对昆虫数量分布影响的显著性，数据统计分析在计算机软件 SPSS/PC＋（Brosius，1989）协助下完成。

2 结果与分析

2.1 昆虫及其他无脊椎动物的主要类群及数量变化

经过初步鉴定和数量统计，本次野外采集共获标本 58 368 号（不包含未鉴定的鳞翅目标本），其中以昆虫标本为主，约 46 213 号；其他类群，包括环节动物、软体动物、多足纲动物及蛛形纲动物，都有一定数量分布，尤其是多足纲和蛛形纲的蜘蛛及蜱螨数量较多（螨类类群具体见表 3）。在表 2 中，除未统计在内的鳞翅目外，其他主要类群均包括在内。通过表 2 可以看出，昆虫各大类中，膜翅目和鞘翅目最为丰富，分别为 18 582 号和 15 115 号。当然膜翅目之所以如此之多，主要是蚂蚁数量巨大。

表 2 神农架保护区昆虫类群及其他无脊椎动物类群标本数量（单位：个体）

类群	地点													总计
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
环节动物 Annelida	1	34	4	7	1	7	10	4	5	17	1	26	—	117
软体动物 Mollusca	75	226	45	42	3	41	82	19	6	41	16	38	—	634
多足纲动物 Myriopoda	259	621	190	1 071	337	1 915	1 033	178	119	90	11	46	30	5 900
蛛形纲动物 Arachnida														
蜘蛛 Araneida	7	755	306	320	26	934	302	304	146	202	26	70	—	3 398
蜱螨及其他 Acarina & others	165	777	76	116	2	470	99	175	168	16	7	35	—	2 106
昆虫纲 Insecta														
幼虫 Larva	68	1 415	355	334	105	429	380	70	49	125	143	112	48	3 633
脉翅目 Neuroptera	62	16	37	—	3	—	—	—	—	—	6	—	10	134
毛翅目 Trichoptera	9	—	1	—	—	—	—	—	—	—	33	—	—	43
直翅目 Orthoptera	76	277	40	15	1	11	2	—	—	67	129	130	6	754
半(同)翅目 Hemiptera & Homoptera	267	497	545	27	135	99	35	88	61	35	206	71	68	2 134
鞘翅目 Coleoptera														
步甲科 Carabidae														
大步甲属 Carabus	2	70	31	3	6	6	44	36	12	16	10	—	1	237
其他步甲 Others	79	106	119	195	41	221	187	278	47	131	33	5	346	1 788
隐翅虫科 Staphylinidae														
毒隐翅虫亚科 Paederinae	—	30	25	—	1	13	—	4	8	1	52	—	14	138
颈隐翅虫亚科 Oxytelinae	334	7	12	—	1	11	—	6	—	—	37	35	346	789
其他隐翅虫 Others	918	767	162	119	49	548	162	390	287	301	95	351	102	4 261
蚁甲科 Pselaphidae	124	37	16	6	—	—	12	14	1	1	33	7	—	250
埋葬甲科 Silphidae	5	23	9	114	2	—	—	—	—	1	3	1	9	137
阎甲科 Histeridae	15	—	5	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	22
独角仙科 Dynastidae	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15
金龟科 Scarabaeidae	160	20	17	1	2	2	5	—	—	8	24	16	14	269
花萤总科 Cantharoidea	5	9	194	—	711	1	—	—	—	—	—	—	—	920
叩甲科 Elateridae	45	132	25	—	6	—	—	—	—	4	21	6	14	253
伪叶甲科 Lagriidae	12	2	9	5	5	—	—	—	—	2	—	—	1	36
朽木甲科 Alleculidae	15	31	19	—	—	—	1	—	—	1	4	1	6	78
天牛科 Cerambycidae	25	39	116	—	36	23	2	11	12	1	10	3	14	292
叶甲科 Chrysomelidae	175	423	304	5	312	40	2	30	164	66	88	39	114	1 762
象甲科 Curculionidae	45	103	137	4	7	7	16	105	92	13	17	4	10	560
其他甲虫 Other beetles	705	1 195	568	25	40	61	25	119	25	77	215	101	122	3 278
膜翅目 Hymenoptera														
蚁科 Formicidae	31	8 931	1 262	179	13	85	99	1 271	241	1 319	2 372	2 039	—	17 842
其他成虫 Others	121	134	219	14	37	60	10	47	18	20	206	27	27	740
双翅目 Diptera	133	399	408	100	29	134	76	154	39	45	34	156	15	1 722
其他昆虫 Other insects	646	779	943	223	77	686	42	283	18	60	115	153	101	4 126

注：1 九冲，2 关门山，3 酒壶坪，4 红石头沟，5 大龙潭，6 小龙潭，7 金猴岭，8 神农顶，9 瞭望塔，10 坪堑干沟，11 东溪，12 下谷，13 其他地区

表 3　神农架保护区蜱螨类群及数量（单位：个体）

类群 蜱螨目 Acarina	地点 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	总计 Total
革螨亚目 Gamasida	16	6	3	—	—	113	2	5	3	2	—	3	—	153
甲螨亚目 Oribatida														
傻鲜甲螨 *Cepheus cepheiformis*	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	3
双毛角甲螨 *Ceratoppia bipilis*	1	1	—	10	—	—	2	3	—	1	—	—	—	18
尖棱甲螨 *Ceratozetes* sp.	—	—	1	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	7
刀肋甲螨 *Cultroribula* sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	5
珠甲螨 *Damaeus* sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
真前翼甲螨 *Eupelops* sp	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	2
大翼甲螨 *Galumna* sp.	—	27	6	—	—	1	—	2	14	—	—	2	—	52
丽甲螨 *Liacarus* sp.	—	1	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	4
平懒甲螨 *Platynothrus* sp.	1	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	3
菌甲螨 *Scheloribates* sp.	—	—	—	—	—	—	—	3	38	—	—	—	—	41
真卷甲螨科 *Euphthiracaridae*	—	23	6	7	—	—	1	35	1	1	—	5	—	79
辐螨亚目 Actinetida														
大赤螨科 Anystidae	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
赤螨科 Erythraeidae	—	219	—	—	—	326	—	—	—	—	—	13	—	558
携卵螨科 Labidostommatidae	6	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
绒螨科 Trombidiidae	3	320	31	92	—	10	26	52	105	11	7	2	—	659

注：1 九冲，2 关门山，3 酒壶坪，4 红石头沟，5 大龙潭，6 小龙潭，7 金猴岭，8 神农顶，9 了望塔，10 坪堑干沟，11 东溪，12 下谷，13 其他地区

甲虫物种丰富，多样性程度高，其中以隐翅虫最为丰富（5 188 号），其次为步甲（2 025 号）和叶甲（1 762 号），再其次为软鞘类和象甲，分别有 920 号和 560 号。除此之外，天牛（292 号）、金龟（284 号）、叩甲（253 号）、蚁甲（250 号）、埋葬甲（167 号）、朽木甲（78 号）、伪叶甲（36 号）、闫甲（22 号）等甲虫科均有相当数量的分布。此外，因为个体细小，尚未进一步分科的甲虫还有 3 278 号。

此次野外采集是以罐诱为主，结合网筛、灯诱和扫网等方法，是一次比较全面的昆虫调察。所以，除了少量的环节动物、软体动物、多足纲动物及蛛形纲动物标本外，昆虫标本占大多数。样地的选择，覆盖了神农架有代表的各类地点，包含了不同类型的生态环境（表 1），所以在我们所采集的标本中，物种类群分布比较广泛，数量比较丰富。

鞘翅目和膜翅目数量之所以相对丰富，与我们的采集方法及这两个目的特点密切相关。我们采用以罐诱为主的采集方法，引诱剂中含有糖、醋和酒精等成分，极易引来数量丰富的甲虫、蚂蚁和蜂类，同时也能吸引相当数量环节动物、软体动物、多足纲动物及蛛形纲动物。从表 3 可以看出，这些动物的标本几乎都来自巴氏罐诱法。鞘翅目类群多，是自然界中数量最多的目，在各种方法采集的标本中，数量都占优势。

从全部鞘翅目标本来看，在各采集点中以九冲、关门山和酒壶坪数量更为丰富，约占整个神农架采集的近一半标本。步甲科以神农顶、金猴岭和小龙潭等地更丰富。隐翅虫科以九冲、关门山和小龙潭更为丰富，占整个数量的一半还多；叶甲类的分布以关门山、酒壶坪和大龙潭数量较多；萤类在大龙潭采到的较多；象甲、金龟甲、埋葬甲、蚁甲、叩甲、天牛、伪叶甲、朽木甲、闫甲等甲虫分布与整个鞘翅目数量变化趋势相符，主要集中在九冲、关门山

和酒壶坪三地。

从表2可以看出，昆虫标本主要集中在九冲、关门山和酒壶坪三地，这一方面是因为我们在这三地采集停留时间长，另一方面是因为所包含的样地多，环境类型相对丰富（表1）。在下面的论述中，我们会具体讨论环境对昆虫分布的影响。

2.2　环境与丰富度

巴氏罐诱法采集是昆虫种群数量的相对估计，与昆虫的活动性有直接关系。表2仅从不同代表地点出发，总结了所有采自神农架保护区的标本，但没有说明不同环境、不同样地之间类群与数量分布的变化。本节以巴氏罐诱法采集标本数据为例，讨论环境变化与昆虫分布之间的关系。

2.2.1　巴氏罐诱法采集标本的种类及数目

表4是巴氏罐诱法采集标本的初步总结。罐诱标本共40 063号，以昆虫为主，有29 296号；主要类群为双翅目、膜翅目、直翅目、同翅目、半翅目和鞘翅目等；昆虫幼虫也占有相当大的比例（近昆虫的11%）。与整个神农架保护区昆虫分布相似，罐诱标本也是以膜翅目和鞘翅目为主，而且在膜翅目中，蚂蚁尤其多，个体数量超过整个昆虫标本数量的一半。除此之外，环节动物、软体动物、多足纲和蛛形纲也有一定数量的分布。

表4　湖北神农架保护区各样地内巴氏灌诱法采集标本的类群及数量

昆虫纲 Insecta	29 296（号）	隐翅虫科 Staphilinidae	1 941（号）
幼虫 Larva	3 166（号）	埋葬甲科 Silphidae	14（号）
双翅目 Diptera	1 031（号）	其他甲虫 Other beetles	1 375（号）
膜翅目 Hymenoptera	18 012（号）	其他昆虫 Other adults	1 682（号）
蚁科 Formicidae	17 842（号）	环节动物 Annelida	117（号）
其他成虫 Others	170（号）	软体动物 Mollusca	477（号）
直翅目 Orthoptera	489（号）	多足纲 Myriopda	5 359（号）
同翅目 Homoptera	102（号）	蛛形纲 Arachnida	4 814（号）
半翅目 Hemiptera	66（号）	蜘蛛 Araneida	3 398（号）
鞘翅目 Coleoptera	4 748（号）	蜱螨及其他 Acarina & Others	1 416（号）
步甲科 Carabidae	1 418（号）		

2.2.2　不同环境对昆虫分布的影响

本项研究共涉及6种不同的环境。由图1a可见，除了箭竹林外，采自其他环境的标本中蚂蚁占绝大多数，是优势类群，然而经统计分析得出，蚂蚁在不同环境下的分布没有表现出显著差异（$P=0.5061>0.05$）（图2）。

假如不考虑蚂蚁，不同环境内昆虫类群的数量组成各有特点（图1b）：(1) 针叶林内双翅目最多，其次为鞘翅目和直翅目；(2) 阔叶林内直翅目最多，依次为鞘翅目、双翅目、半翅目；(3) 混交林和溪边灌丛内鞘翅目最多，依次为直翅目和双翅目；(4) 亚高山草甸及箭竹林内也是鞘翅目占绝对多数，双翅目虽然是第二大类群，但数量相对较少。

经过数据统计分析，在昆虫纲一级以及以各个目为单元进行分析时，均没有表现出环境差异，环境对昆虫数量分布在这个级别上，没能呈现出显著性（表5）。

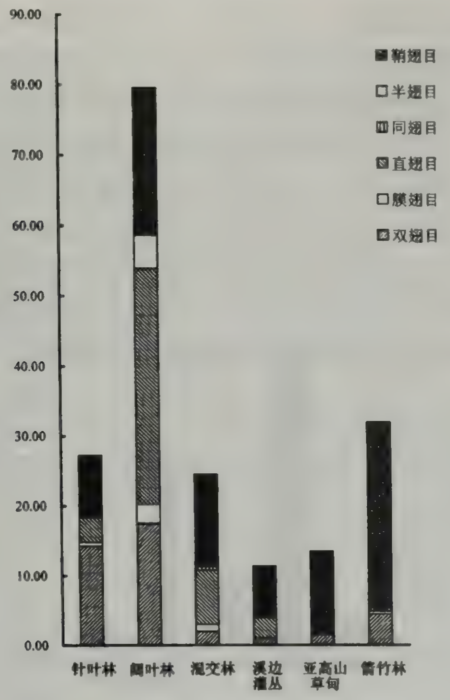


图 1a　巴氏罐诱法采集昆虫标本分布与环境的关系（包含有蚂蚁）

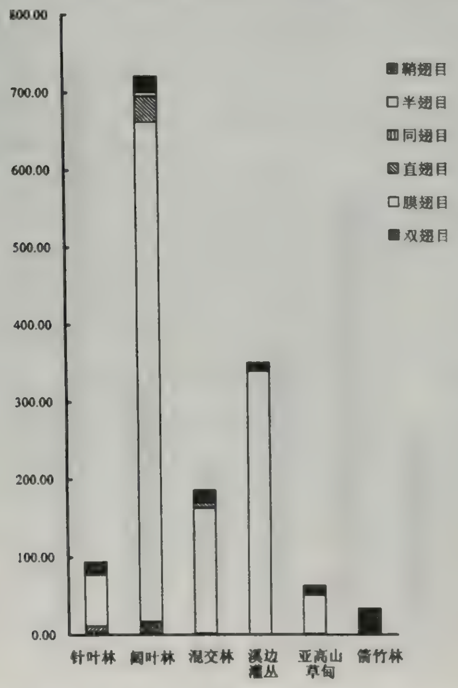


图 1b　巴氏罐诱法采集昆虫标本分布与环境的关系（不包含有蚂蚁）

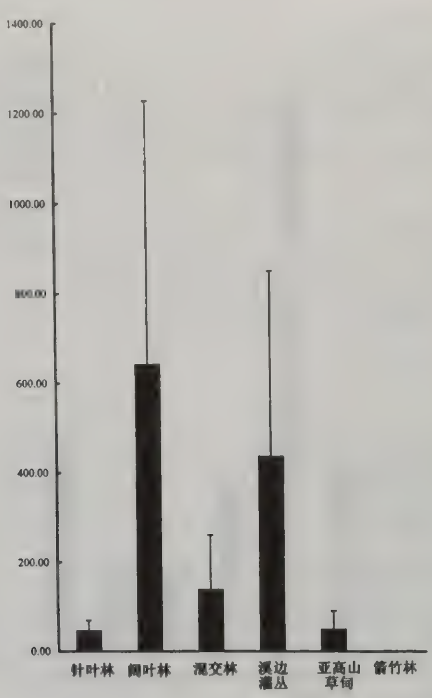


图 2　巴氏罐诱法采集昆虫标本分布与环境的关系

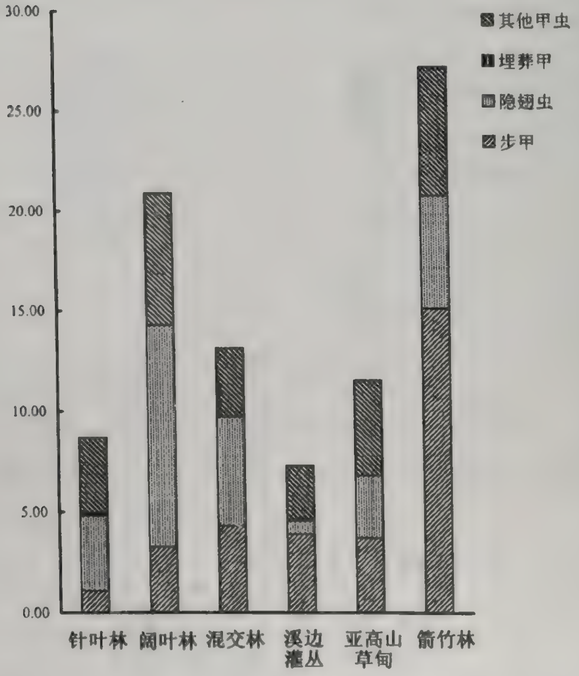


图 3　巴氏罐诱法采集鞘翅目标本分布与环境的关系

当统计分析所依据的分类单元级别进一步细化时，考察相对低的分类阶元，如科、属或种，统计分析就可能产生显著性差异，环境变化可能对物种类群的数量分布产生明显的作用。在巴氏罐诱法采集的标本中，鞘翅目数量丰富且比较稳定（图 1b），是讨论环境影响的比较理想的类群。在诱杯中最常见甲虫是步甲、隐翅虫及埋葬甲 3 个科。下面以这 3 科甲虫为代表，探讨环境与甲虫分布的关系，结果显示（图 3，表 5）：①环境对步甲科的分布有显著影响（$p<0.05$），箭竹林中步甲的丰富度远远高于其他 5 种环境；②隐翅虫科在阔叶林内的丰富度与针叶林、混交林及溪边灌丛内的丰富度相比，有显著差异（$p<0.05$），阔叶林内的隐翅虫科丰富度更高；③环境对埋葬甲科（$F=0.7628$，$p=0.5889$）数量分布没有显著性影响。

表 5　不同环境下巴氏罐诱法采集主要昆虫的分布差异

单位：个体/100 杯・天

	针叶林 均值±标准差	阔叶林 均值±标准差	混交林 均值±标准差	溪边灌丛 均值±标准差	亚高山草甸 均值±标准差	箭竹林 均值	P
昆虫纲 Insecta	89.55±53.21	755.09±671.47	191.38±138.95	457.75±420.20	66.14±42.78	36.07	ns
双翅目 Diptera	14.24±12.75	17.52±15.75	2.02±0.62	0.89±0.71	1.47±0.67	4.50	ns
膜翅目 1 Hymenoptera [1]	46.89±24.07	644.72±587.70	140.24±122.00	436.62±412.72	49.99±41.76	2.21	ns
膜翅目 2 Hymenoptera [2]	0.55±0.48	2.72±2.14	0.98±0.55	0.16±0.09	0.14±0.06	0.36	ns
直翅目 Orthoptera	3.51±2.95	33.67±32.18	7.77±7.29	2.96±2.52	0.00±0.00	0.00	ns
同翅目 Homoptera	0.26±0.13	0.03±0.03	0.50±0.23	0.46±0.46	0.03±0.03	0.00	ns
半翅目 Hemiptera	0.03±0.02	4.77±4.62	0.11±0.10	0.03±0.02	0.26±0.04	0.00	ns
鞘翅目 Coleoptera	8.69±3.32	20.90±5.92	13.15±2.62	7.30±2.09	11.57±4.27	27.21	ns
步甲科 Carabidae	1.10±0.23	3.28±2.02	4.34±1.40	3.92±2.30	3.74±1.64	15.14	*
隐翅虫科 Staphilinidae**	3.74±1.20	11.00±3.15	5.40±1.44	0.66±0.45	3.09±0.73	5.64	ns
埋葬甲科 Silphidae	0.13±0.12	—	0.01±0.01	0.10±0.06	—	—	ns

注：(1) 膜翅目 1：包含蚂蚁；膜翅目 2：不包含蚂蚁

(2) *：$P<0.05$，指物种在 6 种环境内丰富度有显著差异

(3) **：$P<0.05$，指阔叶林内物种丰富度与针叶林、混交林、溪边灌丛内物种丰富度的比较有显著差异

从以上结果可以看出，昆虫纲及其各目的总体丰富度虽然在不同环境中互不相同，但经过严格的数理统计分析，结果并不显著。然而，从鞘翅目的步甲科和隐翅虫科的分析结果看，就可以证明不同环境对昆虫数量分布的影响。这一结果符合生态位占有规律：即更多的物种将会占有环境内更多的生态位，充分利用有限空间内的资源，但当空间内容纳足够多的物种时，最终在有限环境内物种的总体丰富度就将趋于稳定；然而，由于相似的物种不能占有完全相同的生态位，在长期自然选择和进化中，必然会驱使物种间发生生态位上的分化，适应不同的环境。昆虫纲及其各目包含了极其丰富的物种类型，可能已覆盖了所有环境下的生态位，在各种环境内的物种数量分布趋于平稳，所以在比较昆虫的总体丰富度及相对高的分类阶元（目）丰富度时，可能就不会表现出显著性差异。相反，对于相对低的昆虫分类阶元（科、属或种）来说，由于生态位占有比较特化，就可以体现出环境对分布的影响，如步甲科和隐翅虫科对箭竹林和阔叶林的偏好。当然，如果将所采集的标本鉴定到属和种的水平，将会更加明显地体现小地域环境对物种空间分布的影响。

2.2.3　小地域环境与特殊物种的分布

除了相对低的昆虫分类阶元（如科）反映了环境或地区对物种分布的空间影响外，某些特殊物种的分布也可以体现对环境或地区的依赖性。例如在我们的采集中，仅在关门山地区

的针叶林和阔叶林内捕获到数量很少的大步甲新种 *Carabus* (*Shenocoptolabrus*) *osawai*，也是新亚属 *Shenocoptolabrus*，是国家二级保护动物的拉大步甲的近缘种，仅分布于关门山地区的针叶林和阔叶林内，目前在其他地区没有记录（Imura，*et al.*，1999)；另外，我们也发现东溪的某些种类，与其他地区有很大差异，如大步甲 *C.* (*Apotomopterus*) *hupeensis*、水腊蛾 *Brahmaea certhia* 等。采用灯诱方法，仅在九冲捕获少量个体极大的独角仙 *Dynastidae* 标本。

神农架保护区是一个特殊的地区，位于南方与北方、东部与西部的过渡和交汇地带，在本区生活着许多过渡物种。例如，在酒壶坪地区采集到闫甲科 Hololepta 属 3 只标本，从以前记录来看，此属仅分布于南方地区。此外，神农架保护区地质环境特殊，受第四纪冰川影响小，山系陡峻，海拔落差大，小气候差异明显，与青藏高原有许多环境相似的地方，极有可能存在两地相似或相同的物种，在神农顶、瞭望塔、酒壶坪及小龙潭等高海拔地点，发现了与西藏毒隐翅虫相近的一种毒隐翅虫（*Paederus* sp.），这说明两地物种具有一定的渊缘关系。

随着采集标本的进一步分类鉴定，环境对物种分布的影响会有更多证据，对研究昆虫物种多样性格局与区系演化将会有更大的帮助，同时，也将在更深的层次上展现神农架保护区在昆虫物种多样性研究与保护中的特殊地位。

3 结论

根据本项研究结果与分析，可以得出以下的初步结论：

（1）本次野外工作，是湖北神农架保护区第一次规模大、采集全面的昆虫物种多样性调查研究，共获得动物标本 58 368 号，其中昆虫标本 46 213 号。膜翅目和鞘翅目最丰富，九冲、关门山和酒壶坪三地是昆虫物种类型和数量最丰富的地点。

（2）环境与昆虫物种分布的关系比较复杂。在不同的生境内，在分类阶元相对高的情况下，如昆虫纲及各目，数量分布没有表现出环境影响；但在分类阶元相对低时，如步甲科和隐翅虫科，就体现出环境对昆虫数量分布的影响。

（3）一些特殊昆虫物种的分布揭示了某些特殊昆虫物种对特定地点的依赖性，特别是大步甲亲亚属新种 *Carabus* (*Shenocoptolabrus*) *osawai* 的发现，及闫甲（*Hololepta* sp.）和毒隐翅虫（*Paederus* sp.）的两个特殊种的存在，在一定程度上证明神农架保护区的特殊地位，说明该区是研究我国昆虫物种多样性分布格局和变化规律的关键性代表地区。

目前，这项工作仍在加紧进行之中，最终将对所采集的标本进行全面的分类鉴定，并对不同地点、不同环境进行种类组成、数量与分布格局的比较分析；预期可以初步搞清神农架林区的昆虫种类及其分布，并对该地区昆虫物种多样性现状作出基本估测，为以后研究打下基础，并为全国昆虫物种多样性研究、评估和监测提供可以借鉴的基础数据。

参考文献

马克平. 1997. 生态系统多样性. 见：蒋志刚等（主编). 保护生物学. 浙江：浙江科技出版社，34～50

Bruce，C. T.，A. L. Melander，and F. M. Carpenter. 肖采瑜等译. 1959. 昆虫的分类. 北京：科学出版社

Brosius，G. 1989. SPSS/PC+ advanced statistics and tables. Hamburg：McGraw-Hill

Freude，H.，K. W. Harde，and G. Lohse. 1964. Die Kaefer Mitteleuropas. Bd 2-12. Goecke & Evers，

Krefeld

Imura, Y., H. —z. Zhou & Z. —h, Su. 1999. A remarkable new procrustimorphi carabid beetle (Coleoptera, Carabidae) from Shennongjia in Western Hubei, Central China. Gekkan—Mushi, 341: 2~5

Ponder, W. F. 1992. Bias and Biodiversity. Australian Zoologist, 28: 47~51

Samways, M. J. 1993. Insects in Biodiversity Conservation: Some Perspectives and Directives. Biodiver. Conserv., 2: 258~282

INVESTIGATION OF INSECT BIODIVERSITY IN SHENNONGJIA NATURAL RESERVE IN HUBEI PROVINCE

Zhou Hongzhang, *Yu Xiaodong*, *Zhou Haisheng*, *Luo Tianhong*, *He Junjian*, *Ye Chanjuan*

(Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Insect is the most species—rich group of all organisms. The knowledge of species diversity is important for natural conservation, and for mitigating increasing global loss of biodiversity. Nevertheless, there are very few studies in China that have engaged in this issue and focused on insect species conservation. Shennongjia Natural Reserve, which hosts plenty of species of insects as well as other organisms, is one of the most important areas to investigate the terrestrial biodiversity of China. While Shennongjia Natural Reserve has been protected very well, few works have been fulfilled on insect species diversity over there. In this study, we concentrate on insect species diversity in Shennongjia Natural Reserve and distributions of species diversity in different habitats. We chose 23 samples representing 6 different types of vegetation, i.e. coniferous forests, deciduous broad—leaved forests, mixed forests, shrubs near river, meadows and bamboo lands. Besides the frequent—used methods as sifter, net trap and light trap, Barber trap (pitfall trap) were . The results are as follows: (1) a total of 58 346 specimens were collected, of which 46 191 are insects; the rest belong mainly to Annelida, Mollusca, Myriopda and Arachnida. Of insects, the most abundant groups were Formicidae (Hymenoptera), Staphilinidae and Carabidae (Coleoptera), and next to them were Diptera, Orthoptera, Hemiptera and Homoptera. (2) Vegetation types determined the distribution of insects, but this was found at family level, e.g. the beetle groups of Staphylinidae and Carabidae. At order level, no dependence of insect distribution on vegetation was found, even though the following groups were all considered in detail: Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Orthoptera, Hemiptera and Homoptera. (3) Some species were only found in special sites, which proved that Shennongjia is a special area for species conservation.

Key words: Insect, Species diversity, Shennongjia Natural Reserve

云南澜沧江水系鱼类资源的保护及持续利用*

周 伟 韩联宪

（西南林学院，昆明 650224）

摘 要 澜沧江流域的经济建设正在迅速兴起，生物资源的保护和持续利用关系到子孙后代，必须引起高度重视。水生生物，尤其是鱼类资源的保护和持续利用澜沧江水资源是一引人瞩目的大课题。建国后许多研究机构和大专院校先后多次对澜沧江鱼类调查，经过 40 多年的调查采集，共纪录 137 种土著鱼类，另有 15 种引入鱼类。本文就澜沧江的鱼类分类、区系组成及特点、鱼类资源现状及影响鱼类生存的因素、鱼类资源的保护和持续利用等阐述了作者的观点。

关键词 澜沧江 鱼类区系 资源 保护 持续利用

澜沧江系湄公河上游，起源于我国青海玉树，于德钦北部进入云南省，一路逶迤向东南而下，穿越高山峡谷，流经 7 个地（州）、30 个县，至勐腊县出境，入老挝称湄公河。湄公河流域包括了中国、缅甸、泰国、老挝、越南、柬埔寨等 6 个国家，被誉为东方的多瑙河。湄公河干流全程长 4 661km，其上游澜沧江全长 2 160km，在云南境内长 1 240km，约为河流全长的 1/4。澜沧江在云南省六大水系中为第二大河，流域面积 $9.0\times10^4 km^2$，天然落差 4 582m，水能理论蕴藏量 2 544.96 万 kW。因此，对澜沧江水资源的开发利用一直是引人瞩目的问题，在云南省境内就利用澜沧江水利资源，已开发建设或拟建设 8 级电站，包括功果桥、小湾、漫湾、大潮山、糯扎渡、景洪、橄榄坝和勐松等（仇国新，1996）。湄公河流域蕴藏着丰富的矿产资源、水利资源和动植物资源。由于湄公河横跨寒、温、热三带，生物分化十分强烈，是世界上生物多样性最丰富的地区之一；也是国际、国内 21 世纪列为重点开发的地区之一。水生生物，尤其是鱼类资源的保护和持续利用与湄公河水资源的充分利用是一引人瞩目的大课题。

1 鱼类学研究简况

自 20 世纪 50 年代开始，国内不断有大专院校和科研院所对澜沧江不同江段进行鱼类资源考察和标本采集。1958 年中国科学院昆明动物研究所建所，曾成立西双版纳考察队对动物资源进行综合考察，从此揭开了西双版纳神秘的面纱，收集了许多标本，发现了一些鱼类新种和新纪录（李树深，1973，1984；黄顺友，1979，1981）。此后，云南大学、中国科学院动物研究所、中国科学院水生生物研究所、中国科学院南京地理和湖泊研究所、中国科学院昆

* 云南省应用基础研究基金资助项目的部分工作。

明动物研究所等单位都先后组织过对澜沧江鱼类的考察，考察结果以澜沧江鱼类为题，或者以某一特定类群专题研究的形式发表在全国各类期刊或著作中(张春霖，1962；李思忠，1976；伍献文等，1964，1979；陈景星，1980；朱松泉，1982；郑慈英等，1982；莫天培，1986；褚新洛，1987；刘振华等，1987)。从采集点来看，以西双版纳居多，采集到的标本数量和种类也较为丰富，其余江段则多为零星考察。从系统采集和调查这一角度来说，迄今尚无云南省澜沧江段鱼类资源的系统、全面考察。

系统纪录澜沧江鱼类的当推《云南鱼类志》(褚新洛等，1989，1991)，该书澄清了分类学中的一些混乱，确认了一些种的有效性等问题，共纪录鱼类 124 种，隶属于 18 科 68 属；相邻的怒江和元江水系分别纪录 9 科 29 属 43 种和 15 科 60 属 85 种。澜沧江鱼类的种类和科、属组成与怒江和元江的相比，数量均多得多，这表明了澜沧江水系鱼类的丰富性和多样性。

2 澜沧江鱼类区系特点

2.1 分类概况

自《云南鱼类志》出版后，近年又相继有一些关于澜沧江鱼类的研究报道，综合收集各种资料，加上作者验证近年采到的一些标本，现在已知澜沧江共记载土著种类 137 种，隶属于 6 目 18 科，71 属（表 1)。其中 5 个科即双孔鱼科 Gyrinocheilidae、粒鲇科 Akysidae、刀鲇科 Schilbidae、𩷛科 Pangasidae、攀鲈科 Anabantidae，在国内仅分布于澜沧江。此外，尚有引入种类 15 种。

表 1 澜沧江水系土著鱼类分类统计表

目	科	亚科	属	种
鲤形目 Cypriniformes	双孔鱼科 Gyrinocheilidae		1	1
	鲤科 Cyprinidae	𬶋亚科 Danioninae	6	11
		鲌亚科 Cultrinae	3	3
		𬶮亚科 Gobioninae	1	1
		鳅鮀亚科 Gobiobotinae	1	1
		鱊亚科 Acheilognathinae	1	1
		鲃亚科 Barbinae	12	29
		野鲮亚科 Labeoninae	8	12
		裂腹鱼亚科 Schizothoracinae	2	6
		鲤亚科 Cyprininae	3	8
	鳅科 Cobitidae	条鳅亚科 Nemacheilinae	3	12
		沙鳅亚科 Botiinae	1	4
		花鳅亚科 Cobitinae	4	4
	平鳍鳅科 Homalopteridae	腹吸鳅亚科 Gastromyzoninae	1	1
		平鳍鳅亚科 Homalopterinae	3	5
鲇形目 Siluriformes	鲇科 Siluridae		3	4
	胡鲇科 Clariidae		1	1
	刀鲇科 Schilbidae		1	2
	𩷛科 Pangasidae		1	4
	粒鲇科 Akysidae		1	2

（续）

目	科	亚科	属	种
	鮠科 Bagridae		1	1
	鮡科 Sisoridae		5	13
鳉形目 Cyprinodontiformes	青鳉科 Oryziatidae		1	2
合鳃目 Synbranchiformes	合鳃科 Synbranchidae		1	1
鲈形目 Perciformes	攀鲈科 Anabantidae		1	1
	斗鱼科 Belontiidae		2	2
	鳢科 Channidae		1	3
	刺鳅科 Mastacembelidae		1	1
鲀形目 Tetraodontiformes	鲀科 Tetraodontidae		1	1
总数　　6	18		71	137

2.2　鱼类地理学特征

2.2.1　鲤形目和鲇形目构成了澜沧鱼类的主体

澜沧江下游鱼类由 6 目 18 科 71 属 137 种组成，其中鲤形目有 50 属、99 种，其次为鲇形目，有 13 属 27 种，这两个目构成澜沧江鱼类的主体，它们分别占了总属数的 70.4%和 18.3%，总种数的 72.3%和 19.7%。在鲤形目中又以鲤科的属种占绝对优势，计有 37 属 72 种，为鲤形目数的 74.0%和种数的 72.8%。鲤科中以鲃亚科 Barbinae (29 种) 分化最为显著；鲤科的鿕亚科 Danioninae（11 种）和野鲮亚科 Labeoninae（12 种）、鳅科的条鳅亚科 Nemacheilinae（12 种）鲇形目的鮡科 Sisoridae（13 种）种类也不少。

在澜沧江水系，鲤科鱼类 12 个亚科中缺鲢鳙亚科、雅罗鱼亚科和鲴亚科的自然分布，其中雅罗鱼亚科和鲴亚科的分布南限仅到元江。与北面的元江水系相比，澜沧江的鲃亚科所占的比重有所上升。再往南，到了怒江水系，𬶋、鳅鮀、鳑鲏和鲌等亚科的鱼类趋于绝迹。

2.2.2　鱼类区系组成分析

在我国广东三水盆地及其邻近地区的老第三纪湖相沉积中发现一批鱼类化石，它们主要为鲤科的鲃亚科和鿕亚科的种类，其次还有鮠科和鲿科种类（王将克等，1981)。十分近似的鱼类化石也曾发现于苏门答腊。从目前不完整的化石资料推断，这种以原始的鲃亚科和鿕亚科鱼类为主体的淡水鱼类区系可能一直延续到中新世。湄公河位于上述两个地区之间，可以推测，在现生澜沧江水系鱼类中，鲤科的鲃亚科、鿕亚科及鮠科和鲿科种类为老第三纪已出现的原始鲃亚科、鿕亚科及鮠科和鲿科种类的直接后裔；新第三纪之后，随着青藏高原隆起而出现的热带、亚热带山溪急流鱼类，如野鲮亚科、条鳅亚科、平鳍鳅科、鮡科，以及在此之后在东南亚起源的纯淡水鱼类或由海洋鱼类派生的属种，如沙鳅亚科、胡鲇科、长臀鮠科、颌针鱼科、鰕虎鱼科、鳢科、刺鳅科等。这些鱼类是澜沧江鱼类区系中的固有成分。

在新第三纪后期，全球性气温下降，温暖地带的范围逐步向南退缩，原有的适应于热带和亚热带气候的原始鲃亚科、鿕亚科等鱼类在北方逐步减少。在经历第四纪冰期之后，保留于我国东部江河平原地区的原始鿕亚科鱼类派生出来较能适应寒冷环境的雅罗鱼亚科、𬶋亚科，并由它们再派生出鲢亚科、鲌亚科、鳅鮀亚科、鳑鲏亚科和鲴亚科，它们组成了东亚特有的淡水鱼类区系（陈宜瑜等，1986)。它们向南扩散大部分类群到达了元江水系，而这些类群中最终仅有𬶋亚科、鲌亚科、鳅鮀亚科、鳑鲏亚科扩散到了澜沧江，并成为它们扩散的最南缘。

2.2.3 鱼类的分布特点

鱼类的分布受海拔和气候的影响，许多类群具有一定的分布范围，如鲀形目、鲈形目、鲤形目的双孔鱼科仅局限于低海拔热带地区。而占比重很大的鲤科鱼类和鲇形目鱼类的分布则随着海拔的升高，出现类群的替代，适应暖水性的类群，如鲤科的鲃亚科和野鲮亚科、鲇形目的鲿科、刀鲇科和鲶科的鱼类逐渐减少，代之以次生性适应较低水温和湍流生境的鲤科裂腹鱼类和鲇形目的鮡科鱼类。鱼类分布的另一特点是，在干流中多大中型中上层鱼类，而在小支流则多见适应急流生境的底栖种类。

2.2.4 鱼类分化强烈，特有种多

澜沧江由于流程长，且环境变化大。为鱼类物种分化提供了得天独厚的条件，形成了一批中国或云南特有的种类。集中表现在两个方面：一方面，在高海拔地区鲤科裂腹鱼类和鮡科鱼类呈现强烈的种、属分化，它们构成了特有属、种的一部分；另一方面，与澜沧江相连的湖泊，如洱海等，环境条件与江河迥然不同，形成了鲤科鲤属和鳅科副鳅属的一些特有种。

3 鱼类资源现状及其影响鱼类生存的因素

3.1 鱼类资源现状

3.1.1 种类数目少

尽管云南省澜沧江水系的鱼类种类与相邻的怒江及元江相比鱼类种类数量多得多，但与其下游相邻的江段相比，种类明显少得多。这种差异在一定程度上反映了上游与下游间环境等各方面的差异，但还不能作为惟一解释湄公河上下游鱼类种类、数量差异的原因。至少还有另外一个不可忽视的主要原因，即对整个江段的调查工作还不够深入和彻底。

3.1.2 天然渔产量低

澜沧江流域虽然蕴藏着丰富的鱼类种质资源，但其河流天然渔产量不高。这就是所谓的种类丰富，但种群数量不大的直接体现。影响天然渔产量的重要、直接的因素是自然环境严酷，食物匮乏限制和影响了鱼类的生长。再加上其他一些自然因素限制了对鱼类的捕捞，如：捕捞网具因干流河底岩多滩急，难于操作等，所以能捕捞起来的数量有限，多为渔民或沿江居民自捕自食，偶有上市的情况。而在澜沧江的一些支流和森林茂密的山涧溪流中多广泛生活着食用价值不大、但具有一定科研价值和观赏价值的小型鱼类，

3.2 人类活动对鱼类资源和多样性的影响

3.2.1 水质污染和森林砍伐等造成栖息地的受胁破及破坏

污染源来自 3 个方面：首先是农业上使用的农药、化肥随地表径流汇入江河；其次是工业废水（造纸及纸制品业、制糖业、有色金属采选业及冶金加工业等）；再次是生活污水。云南省澜沧江水系共有大小支流 96 条，由于城镇人口和工业多集中在支流，且分布不均匀，所以各支流的污染程度不一。1986 年对西双版纳勐腊考察时，在县城旁边的南腊河可采到近 20 种鱼类，而 1989 年再次对南腊河考察时，由于其上游建立了糖厂，河流水质发生了根本变化，水绵、水藻等生物不复存在，也没采到任何鱼类标本。

森林的大量砍伐和植被的破坏导致许多支流季节性干涸，或者源头向干流方向萎缩，鱼类的栖息地被破坏，而更严重的是一些上溯到支流产卵的鱼，因丧失了产卵环境，后代繁衍被中断。1989 年 3 月对勐海的流沙河考察时，较大的二级支流几乎断流。双孔鱼 *Gyrinocheilus*

aymonieri (Tirant) 是鲤形目双孔鱼科的惟一种类，它在国内仅分布于西双版纳勐海的流沙河和勐腊的南腊河，该种本来就稀少，而这两条支流的情况令人担忧其命运如何。

3.2.2 捕捞过量或有害的渔具渔法

酷渔滥捕主要发生在湖泊，最触目惊心的可以说是洱海土著鱼类的剧减。洱海共纪录土著鱼类约30余种（褚新洛，周伟，1989），20世纪70年代，洱海的大多数土著经济鱼类尚能见到；而到80年代，各种类的种群数量普遍急剧下降，春鲤、杞麓鲤、洱海大头鲤偶尔还能见到，而大理裂腹鱼、洱海四须鲃、油四须鲃、大眼鲤、大理鲤等特有鱼类几乎已见不到，总体情况不容乐观。而在支流由于群众的法律意识淡薄，使用许多违法的手段，如电鱼、炸鱼、毒鱼等，或利用有害的渔具渔法，如堵截岔河大小鱼一网打尽的不合理渔法，造成资源的毁灭性破坏。

3.2.3 水电站或水利灌溉大坝等设施改变了水环境条件

已经建成的水电站或水利灌溉大坝等设施改变或正在改变江河的水环境条件，由于高峡出平湖，使澜沧江水系产生了深刻的、难以逆转的变化和影响。它一方面造成水文泥沙、水温和水质的变化；另一方面由于水环境的变化，又引起水生生物区系组成和生物量发生巨大变化。

水流速度的变化和水生植物及浮游生物组成的变化均直接或间接影响鱼类的种类组成，以及种群、个体的生存和繁衍。一般来说，在激流中底栖的种类、喜流水性生活的中下层种类受到的干扰影响最大，最终这些种类在干流很可能消失或者种群仅萎缩生存于一、二级支流。相反，喜静水生活的种类、滤食性种类和养殖种类则可能在库区成为优势种群。

筑坝妨碍了一些鱼类在干流上下游的洄游通道，由于以往的工作多局限于鱼类区系组成调查，而对鱼类生物学，尤其是关于洄游（生殖洄游、索饵洄游、越冬洄游）的研究工作甚少。现很难下结论，大坝对鱼类洄游的影响有多大。从现有的资料看，至少 科鱼类具有洄游性。其他一些经济鱼类，如鲤科的鲃亚科和野鲮亚科、鲇科、刀鲇科、鲿科等是否存在距离不等的洄游？

4 澜沧江鱼类保护和持续利用行动计划

为保护和持续利用现存的鱼类资源，应从以下方面着手工作：

4.1 鱼类区系的系统调查及生物学研究

尽管自20世纪50年代以来对澜沧江流域已开展过多次调查，且已得到一鱼类名录，但历年的调查和研究多为点状分布，且因受各种条件限制未能进行全面的生态生物学调查工作。因此严格地说，至今对澜沧江水系的云南省江段仍缺乏系统的全面考察，有必要组织有关部门联合大规模考察，收集有关资料，为制定保护计划提供理论依据，具体包括：

（1）采集标本和补充完善澜沧江土著鱼类名录。在澜沧江水系至今未见到老挝、泰国广布的一些类群，如：塘鳢科、鰕虎鱼科等，因此有必要系统地对干流和支流作全面调查。

（2）调查和收集主要经济鱼类周期性的生态学资料，如经济种类的迁徙、食性、繁殖、生长等。

4.2 保护和持续利用鱼类资源

（1）加强公众保护意识的宣传教育工作，允许渔农在规定的时间和地点钓钩、网具作业，

严禁炸鱼、毒鱼和电鱼，逐步取缔和杜绝使用毁灭性破坏鱼类资源的渔具、渔法，积极宣传和贯彻《中华人民共和国野生动物保护法》及国务院颁布的《水产资源繁殖保护条例》，尤其要重点管理和保护鱼类的产卵场。

(2) 加强沿江城镇的生活污水管理，严格管理澜沧江流域的工厂，严禁污水、废水直接注入澜沧江，建立和完善工厂的排污、净水设施。

(3) 开发利用澜沧江野生鱼类资源，一方面对有一定经济价值的大、中型鱼类进行驯化饲养；另一方面对一些色彩斑斓、形态特异的种类驯养繁殖，开发为新的观赏种类，或使其成为水质污染的监测动物。

(4) 慎重对待引种，避免引入种与土著种之间的生态生物学竞争，切实保护野生鱼类的种质资源。

参考文献

仇国新（主编）. 1996. 云南省澜沧江流域环境规划研究. 昆明：云南科技出版社

王将克，李国藩，汪晋三. 1981. 广东三水盆地及邻近盆地早第三纪鱼化石. 中国古生物志，新丙种第22号，科学出版社

伍献文等. 1964. 中国鲤科鱼类志（上卷）. 上海：上海科学技术出版社

伍献文等. 1977. 中国鲤科鱼类志（下卷）. 上海：上海科学技术出版社

刘振华，何纪昌，江望高. 1987. 云南澜沧江中游地区鱼类调查研究. 云南大学学报，9（2）：146～150

朱松泉. 1982. 云南省条鳅属鱼类五新种. 动物分类学报，7（4）：104～111

何名巨，陈银瑞. 1981. 中国粒鲇属 *Akysis* 鱼类二新种. 动物学研究，2（3）：209～214

张春霖. 1962. 云南西双版纳鱼类名录及一新种. 动物学报，14（1）：95～98

李思忠. 1976. 采自云南省澜沧江的我国鱼类新纪录. 动物学报，22（1）：117～118

李树深. 1973. 中国鱼类新纪录. 动物学报，19（3）：305

李树深. 1984. 中国纹胸鮡属（*Glyptothorax* Blyth）鱼类的分类研究. 云南大学学报（自然科学版），(2)：75～89

陈宜峰，何长才，何舜平. 1992. 方口鲃属鱼类一新种. 动物分类学报，17（1）：100～103

陈宜峰，何舜平. 1992. 云南鲤科鱼类一新属新种. 动物分类学报，17（2）：238～240

陈宜瑜，曹文宣，郑慈英. 1986. 珠江的鱼类区系及其动物地理区划的讨论. 水生生物学报，10（3）：228～236

陈景星. 1980. 中国沙鳅亚科鱼类系统分类的研究. 动物学研究，1（1）：1～26

周伟，褚新洛. 1992. 鮡科褶鮡属鱼类一新种兼论其骨骼形态学的种间分化. 动物分类学报，17（1）：110～115

周伟，何纪昌. 1993. 洱海地区的副鳅属鱼类. 动物学研究，14（1）：5～9

郑慈英，陈银瑞，黄顺友. 1982. 云南省的平鳍鳅科鱼类. 动物学研究，3（4）：393～402

莫天培，褚新洛. 1986. 中国纹胸鮡属 *Glyptothorax* Blyth 鱼类的分类整理. 动物学研究，7（4）：339～350

崔桂华，褚新洛. 1986. 似鱤属的系统地位及种的分化. 动物学研究，7（1）：79～84

崔桂华，褚新洛. 1990. 鲤科鱼类鲈鲤的亚种分化和分布. 动物分类学报，15（1）：118～123

黄顺友. 1979. 云南南部的长臀鲃属（*Mystacoleucus*）鱼类. 动物分类学报，4（4）：419～421

黄顺友. 1981. 中国刀鲇属 *Platytropius* Hora 鱼类二新种. 动物分类学报，6（4）：437～440

褚新洛. 1981. 中国　属鱼类的初步整理. 动物学研究，2（2）：145～156

褚新洛．1982．褶鮡属鱼类的系统发育及二新种的描述．动物分类学报，7（4）：428～437
褚新洛，崔桂华．1987．中国鲤科鱼类墨头鱼属分类的整理．动物分类学报，12（1）：93～100
褚新洛，陈银瑞．1987．西双版纳的鱼类．西双版纳自然保护区综合考察报告集．昆明：云南科技出版社，326～349
褚新洛，周伟．1889．洱海的鱼类．见：沈仁湘（主编）．云南洱海科学论文集．昆明：云南民族出版社，1～30
褚新洛，陈银瑞（主编）．1989．云南鱼类志（上册）．北京：科学出版社
褚新洛，陈银瑞（主编）．1990．云南鱼类志（下册）．北京：科学出版社

ICHTHYOFAUNA AND SUSTAINABLE UTILIZATION OF FISH RESOURCES IN YUNNAN LANCANGJIANG RIVER (THE UPPER MEKONG)

Zhou Wei, *Han Lian xian*
(Southwest Forestry College, Kunming 650224)

The Lancangjiang River (the upper Mekong) basin is an important area in biodiversity and is a rapidly developing area . As a consequence of the fast economic construction, the conservation and sustainable utilization of fish resources in the Lancangjiang River have become an urgent issue. Since 1958 some universities and research institutes have conducted survey of fish resources and collected fish specimens in different reaches along the River. One hundred thirty seven endemic fish species from the Lancangjiang River have been recorded; additionally, there are 15 introduced species in the river drainage. We discuss the following problems: taxonomy, ichthyofauna composition characteristics and its origin, status of fish resources and factors of influencing fish survival, scheme of conservation and sustainable utilization of fish resources

Key words: The Lancangjiang River (the Upper Mekong), Ichthyofauna, Resources, Conservation, Sustainable utilization

生 态 系 统 多 样 性

河南宝天曼青檀群落的初步研究

程瑞梅
（中国林业科学院森林生态环境与保护研究所，北京 100091）

摘要 根据6块样地材料，对青檀群落的土壤性质、植物区系成分、群落外貌、群落结构以及物种多样性特征进行了初步研究。结果表明青檀群落土壤肥力较高，区系组成丰富，群落垂直结构可分为乔木层、灌木层、草本层，亦有少量层间植物。群落的优势种显著，植物物种多样性指数较高。
关键词 青檀群落 群落特征 宝天曼 河南

河南省宝天曼自然保护区位于伏牛山南麓，约北纬33°25′～33°33′，东经111°53′～112°之间，是北亚热带向南暖温带过渡区域，也是我国中部地区惟一保存较完好的综合性森林生态系统类型。保护区内山势成东西走向，总面积约53.4km²，相对海拔约600～1 800m，最高峰宝天曼海拔1 830 m。区内阳光热量适中，年平均气温15.1℃，最低月（1月）平均气温1.5℃，最高月（7月）平均气温27.8 ℃，活动积温（≥10℃）为2 931.0℃～4 217.1℃；辐射量约108.83Kcal/cm²·a。全年降雨量为900mm，多集中分布于6～8月份的雨季。保护区四季气候明显，夏季炎热多雨，冬季寒冷干燥，具暖温带的气候特征。

青檀是国家三级保护植物，分布在温带至亚热带的中、低山。在河南省宝天曼地区，主要分布于海拔600～1 000m，多生长在石灰岩地和花岗岩地或山谷溪流两岸及乱石丛中。通过对青檀群落的分析研究，充分认识其群落学特征和物种多样性现状，对有计划地保护及将来合理地开发利用其资源，具有重要意义。

1 研究方法

1.1 样地的设置与调查

采用典型取样法，在宝天曼地区的许窑、杨长沟、葛条爬、拐弯、黄西沟等处设置8个样地，样地面积为20m×20m，取样面积共3 200m²；样地内采用梅花形布点，设置2m×2m的小样方，调查高度<2m的灌木及幼苗、幼树；设置1m×1m的小样方，调查草本及活地被物，分别设置小样方各40个；在样地内记录高度>2m的各种树种及个体（株）数，按每木调查法，记录乔木的胸径、树高、枝下高、冠幅；在小样方内统计高度<2m的小灌木和草本的种名及个体数，按Braun－Blanquet的方法记录灌木、草本植物的盖度级。在样方内有代表处挖土壤剖面采样，用比重计法测定土壤质地；电位法测定土壤的pH值；重铬酸钾氧化－外加热法测定土壤有机质含量；碱解－扩散法测定土壤碱氮；0.05mol/LHCl－0.025mol/L1/2H_2SO_4浸提法测土壤有效磷；1mol/L乙酸铵浸提－火焰光度法测土壤速效钾（张万儒，

1987)。

1.2 多样性指数的选择与测定

在进行群落特征分析的基础上，采用以下4种多样性指数测定群落的物种多样性（马克平，1994)。

(1) Shannon—Wiener 多样性指数 $H=-\sum Pi\ln Pi$

(2) Simpson 优势度指数 $D=1-\sum Pi^2$

(3) 种间相遇机率 $PIE=\sum[(Ni/N)(N-Ni)/(N-1)]$

(4) Pielou 均匀度指数 $J=(-\sum pi\ln pi)/\ln N$

上述算式中 N 为物种个体总数，Ni 为第 i 种的个体数，Pi 为第 i 个种的个体数占样地中所有种的总个体数的比例。

2 结果与讨论

2.1 青檀群落土壤状况

青檀群落样地内裸石较多，土壤多为山地褐土，质地为松沙土，土壤呈中性，pH 值为6.80～7.20，土壤有机质含量较少，较瘠薄。其理化性质见表1。由于青檀对立地条件要求不严，在该地区，青檀林生长发育良好，且群落区系成分较丰富的。

表1 河南宝天曼青檀群落土壤的理化性质

层次	取样深度 (cm)	比重 (g/m³)	pH 值	有机质 (%)	碱氮 (μg/g)	速效磷 (μg/g)	速效钾 (μg/g)
A	0—2	2.6	6.80	0.45	58.66	44.8	56.8
B_1	2—23	2.73	7.20	1.51	40.43	71.5	92.3
B_2	23—34	2.86	6.90	0.46	14.06	121.0	56.8

2.2 青檀群落植物区系组成

根据调查资料统计，青檀群落共有维管束植物51种，分属29科45属，其中含种数较多的是蔷薇科（Rosaceae)、豆科（Leguminosae)，各4种；菊科（Compositae)、莎草科（Cyperaceae)、樟科（Lauraceae)、蓼科（Polygonaceae）分别为3种。在青檀群落出现的45属中，绝大多数只含1种，仅栎属（*Quercus* L.)、苔草属（*Carex* L.）和蓼属（*Polygonum* L.）等含有2～3种。

根据吴征镒（对中国种子植物属的分布区类型的划分方案，对组成青檀群落的种子植物区系地理成分进行分析，结果如表2所示。在45个属中，温带性质的属共24个，占总属数的54.55%，其中以北温带分布及其变型所占比重最大，共21个属，占47.73%，如蔷薇属（*Rosa* L.)、栎属（*Quercus* L.)、绣线菊属（*Spiraea* L.)、荚蒾属（*Viburnum* L.)、栗属（*Castaneae* mill.)、唐松草属（*Thalictrum* L.）等；东亚和北美洲间断分布类型为2属；旧世界温带分布及其变型为1属。群落中热带性质的属也占一定比例，共14属，占总数的31.82%；其中以泛热带分布及其变型的属稍多，共7属，占总属数的15.91%，如卫矛属（*Euonymus* L.)、苎麻属（*Boehmeria* Jacq.)、花椒属（*Zanthoxylum* L.）等；热带亚洲和热带美洲间断分布、热带亚洲至热带非洲分布及其变型以及热带亚洲分布及其变型，均为2属；

旧世界热带分布及其变型仅 1 属，东亚分布及其变型为 4 属，中亚分布及其变型、中国特有分布各为 1 属。世界分布的属有 7 个。从上述分析可见，属的分布类型是以温带性质的属最多，热带性质的属也占一定比例，表明了青檀群落植物区系组成的温带亲缘，同时还有一定的过渡性。

表 2 青檀群落种子植物属的分布区类型和变型

分布区类型及其变型	属数	占总属数％*
世界分布		
泛热带分布及其变型	7	15.91
热带亚洲和热带美洲间断分布	2	4.55
旧世界热带分布及其变型	1	2.27
热带亚洲至热带非洲分布及其变型	2	4.55
热带亚洲分布及其变型	2	4.55
北温带分布及其变型	21	47.73
东亚和北美洲间断分布及其变型	2	4.55
旧世界温带分布及其变型	1	2.27
中亚分布及其变型	1	2.27
东亚分布及其变型	4	9.09
合计	51	100.00

*总属数中未包括世界分布属

2.3 青檀群落外貌

2.3.1 叶的性质

青檀群落组成种类的叶级谱中以中叶为主，共计 25 种，占总数的 48.78％，基本上反映了温带落叶阔叶林的叶级谱性质；小叶共 18 种，占总数的 38.44％，由于小叶是中亚热带常绿阔叶林的典型叶级，所以它反映出该群落具有一定的过渡性；微叶和大叶分别为 5 种和 3 种，各占总数的 9.80％和 5.33％；不存在鳞叶和巨叶种类，见图 1。

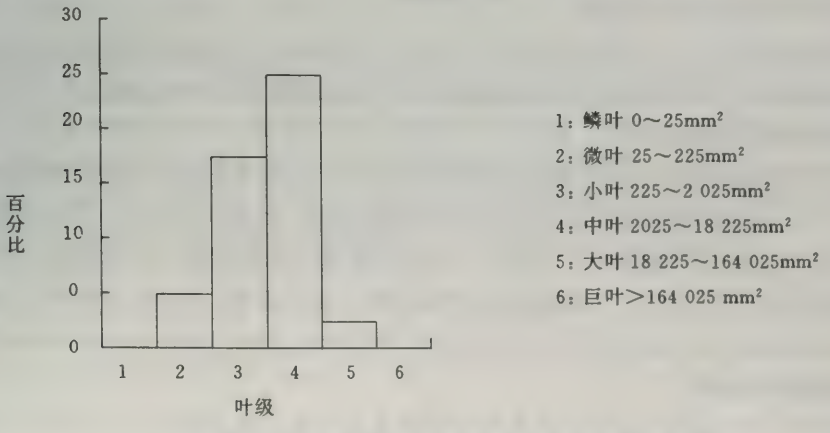


图 1 河南省宝天曼青檀群落组成种类的叶级谱

2.3.2 生活型

根据Raunkiaer的生活型系统的分类方案，对青檀群落的生活型进行分析，并与亚热带常绿阔叶林、温带落叶阔叶林和亚热带次生性常绿、落叶阔叶混交林的生活型进行对比分析（秦泰谊，1993；王梅峒，1987），结果见表4。

植物群落内各类生活型的数量对比可以反映植物群落和气候的关系。由表4可知，青檀群落以高位芽植物占优势，所占比例接近温带落叶阔叶林，远低于亚热带常绿阔叶林。地面芽的比例，在位序上列于第二位，这说明青檀群落所处的气候条件与温带落叶阔叶林相似，其气候夏季炎热多雨，并有一个较长的严冬季节。但又不同于温带落叶阔叶林的气候条件，主要表现在地面芽比例略低，而地上芽、地下芽、1年生植物的比例略高。

2.4 青檀群落的结构特征

现根据Kershaw的植被结构理论，就青檀群落的垂直结构、水平结构和数量结构等方面进行分析。

2.4.1 垂直结构

青檀群落成层现象明显，在垂直方向上可分为乔木层、灌木层和草本层，地被层不发达。此外，还有一定数量的层间植物。青檀群落乔木层发育良好，高度为12～20m，最高可达23 m而伸出林冠之上；灌木层一般高度为0.8～1.2m，草本层高在5～20cm。

2.4.2 水平结构

青檀群落乔木层郁闭度为0.60～0.80，平均胸径45 cm，最大可达120 cm。除灌木层的胡枝子（*Lespedeza bicolor* Turcz.）、竹叶椒、华北草本层的细叶苔（*Carex duriuscula* C. A. Mey.）等单优势种群的水平分布成密集连续状态外，群落内多数种群的水平配置是不一致的。如青檀优势种群呈块状分布，而许多非优势种群则分布零星，个别种类如山杨、鹅耳枥、山楂、化香等在样地内偶尔可见。这表现出群落内部因素的局部不均匀性。

表4 河南省宝天曼青檀群落与其他植被类型生活型的比较

群落名称	Ph	Ch	H	Cr	Th
河南省宝天曼青檀群落	42.4	14.9	26.7	3.9	10.7
秦岭北坡温带落叶阔叶林	52.0	5.0	38.0	3.7	1.3
浙江省午潮山亚热带次生常绿落叶阔叶混交林	74.4	13.5	4.1	6.8	1.4
浙江省乌岩岭亚热带常绿阔叶林	84.1	0	12.5	2.8	0.6

Ph：高位芽植物；Ch：地上芽植物；H：地面芽植物；Cr：地下芽植物；Th：1年生植物

2.4.3 重要值指标及其分析

青檀群落乔木层盖度达70%，调查结果统计见表5。由表5可见乔木层中青檀的重要值最高，达137.38，是群落优势种，常见伴生树种有栓皮栎、黄连木、合欢、大叶朴等；林下灌木层分布不均匀，常见有胡枝子、竹叶椒、华北绣线菊、棣棠花等，分布频度约为30%～40%，但盖度较小，约为20%。草本层优势种有乱草、求米草等。层间植物较少，仅有鸡矢藤（*Paederia scandens* (Luor.) Merr.）、爬山虎（*Parthenocissus heterophylla* Merr.）。

2.5 青檀群落物种多样性

生物群落是在一定地理区域内生活在同一环境下的不同种群的集合，其内部存在着极为复杂的相互关系。群落在组成和结构上表现出的多样性是认识群落的组织水平，甚至功能状态的基础，也是生物多样性研究中至关重要的方面。根据6块样地材料的统计结果见表6。

由表 6 可知，样方 1、3、4，其 Shannon-Wiener 指数，PIE 指数和 Pielou 指数相对较高，Simpson 指数相对较低，说明其物种分布均匀，种间相遇机率和物种多样性较高；样方 2、5、6，其 Shannon－Wiener 指数，Pielou 指数和 PIE 指数相对较低，Simpson 指数相对较高，说明其物种分布均匀性较小，种间相遇机率和物种多样性较低。

表 5　河南省宝天曼青檀群落乔木层植物的重要值

种类	相对频度	相对密度	相对优势度	重要值	重要值序
青檀 *Pteroceltis tatarinowii* Marxim	38.1	41.85	57.33	137.38	1
栓皮栎 *Q. variabilis* Bl.	14.29	10.91	10.48	35.68	2
黄连木 *Pistacia chinese* Bunge	14.29	6.95	8.50	29.74	3
合欢 *Albizzia julibrissim* Durazz.	9.52	10.79	6.13	26.44	4
大叶朴 *Celtis koraiensis* Nakai	9.52	8.51	4.74	22.77	5
山茱萸 *Macrocarpium officinalis* (Seib. et Zucc.) Nakai	4.76	6.91	7.51	19.18	6
紫荆 *Cercis chinensis* Bunge	4.76	8.64	4.55	17.95	7
茅栗 *Castanea seguinii* Dode	4.76	5.44	0.75	10.95	8

表 6　河南省宝天曼青檀群落物种多样性状况表

样地号	海拔（m）	坡度	H	D	PIE	J
1	100	10°	2.12	0.18	0.82	0.77
2	740	43°	1.94	0.26	0.74	0.73
3	760	80°	2.37	0.13	0.87	0.85
4	670	35°	2.24	0.12	0.88	0.71
5	700	35°	1.44	0.40	0.60	0.48
6	950	50°	1.83	0.33	0.67	0.60

参考文献

张万儒．1987．中国森林土壤方法［国家标准］．北京：中国标准出版社

马克平．1994．生物群落多样性的测度方法 Ⅰ α 多样性的测度方法（上）．生物多样性，2（3）：162～168

马克平．1994．生物群落多样性的测度方法 Ⅰ α 多样性的测度方法（下）．生物多样性，2（4）：231～239

吴征镒．1991．中国种子植物属的分布类型．云南植物研究，13（增刊）：1～139

秦泰谊．1993．秦岭南坡旬河流域及邻近地区森林与其生态环境的初步研究．生态学杂志，12（6）：6～11

王梅峒．1987．中国亚热带常绿阔叶林生活型的研究．生态学杂志，6（2）：21～23

STUDY ON *PTEROCELTIS TATARINOWII* COMMUNITY CHARACTERISTICS IN BAO TIÀNMAN, HENAN PROVINCE

Cheng Ruimei
(Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection Science, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091)

Soil properties, plant species composition, community structure, and plant species diversity of *Pteroceltis tatarinowii* community were studied according to the data from 6 plots in Bao Tianman, Henan Province. The results show that the soil is fertile, the species diversity is high, and the vertical structure of the community can be divided into tree layers, shrub layer and herb layer. The community also has some interstratum plants, and the community is dominated by a few species.

Key words: *Pteroceltis tatarinowii* community, Community characteristics, Bao Tianman, Henan Province

外来有害植物对我国生物多样性的影响及其治理现状与对策

丁建清　王　韧　付卫东

（中国农业科学院生物防治研究所，北京 100081）

摘要　外来种的入侵是生物多样性丧失的重要原因。本文报道了我国目前已知的外来有害植物种类传入的主要途径及发生环境，以紫茎泽兰、水葫芦、水花生和豚草为例着重研究了外来植物对本地生物多样性的影响，并提出了治理外来有害植物的对策。作者还综述了我国目前在该领域的研究进展，并对今后的工作提出了建议。

关键词　外来种　外来有害植物　生物多样性　综合治理　生物防治

1　前言

外来物种对生态环境的入侵是生物多样性丧失的主要原因之一（Diamond，1989）。1992年联合国环境与发展大会通过的《生物多样性公约》（第八条款）指出了外来种对生物多样性的威胁，并要求缔约国“防止那些威胁生态系统、栖境和物种的外来种的传入，并控制或清除这些外来有害物种”。外来种通常包括外来的动物、植物和微生物。

1.1　外来有害植物的概念

外来有害植物通常包括两类：一类是人为引种后逸为野生并对本地动、植物相或农、林业造成危害的外来植物；另一类是非人为引种、经自然（或偶然）传入的外来植物种类，其繁殖、扩散对本地生态系统的组成或结构造成危害（Foy *et al.*，1983）。

1.2　外来有害植物对生物多样性的影响

在自然界长期的进化过程中，植物与其天敌（包括食植昆虫，病原微生物等）相互制约、相互协调，将各自的种群限制在一定的栖境和数量，形成了稳定的生态平衡系统。当一种植物传入一新的栖境后，在适宜的气候、土壤、水分及传播条件下，由于缺乏原产地天敌的抑制，极易大肆扩散蔓延，形成大面积单优群落，破坏本地动植物相，危及本地濒危动植物的生存，造成生物多样性的丧失。例如有毒植物乳浆大戟（*Euphorbia esula* L.）原产欧亚大陆，包括中国的华北和内蒙古等地，十九世纪传入美国、加拿大等国后迅速扩散蔓延，覆盖了成千上万公顷的草场，破坏了当地草原生物多样性，严重阻碍了畜牧业的发展（潘伯敦和王韧，1989）。

值得注意的是，与人类对环境的破坏不同，外来有害植物对环境的破坏及对生态系统的威胁是长期的、持久的。当人类停止对某一环境的污染后，该环境会很快开始逐渐恢复，而

当一种外来植物停止传入一个生态系统后，已传入的该植物个体并不会自动消失，而大多会利用其逃脱了原有的天敌控制的优势在新的环境中大肆繁殖和扩散，对其控制或清除往往十分困难。而由于外来物种的排斥、竞争导致灭绝的本地特有物种则是不可恢复的。因而外来植物对生物多样性的威胁应引起足够的重视。

1.3 研究外来有害植物与保护生物多样性关系的意义

生物资源，尤其是本地特有的动植物种类是当地人们赖以生存的基础。研究外来有害植物对于保护本地生物资源及生物多样性意义重大（CAB International，1994）。第一，澄清我国外来有害植物种类及其分布是明确我国生物多样性现状的一个重要内容；第二，评价外来有害植物所产生的生态学后果及潜在的威胁，将有助于弄清造成我国某些关键地区生物多样性丧失的原因；第三，研究外来有害植物的治理对策，将会有效地扼止和减少外来有害植物的继续传入和造成的破坏，保护和发展本地动植物相；第四，对有害植物进行防治还会极大地促进农、林、渔、畜牧业的持续发展。

2 我国外来有害植物的已知种类、危害的生态环境及传入途径

据报道，我国目前已知的高等植物种类为30 000种（陈灵芝，1994）。在这些高等植物中，外来植物究竟有多少，目前尚未有过系统的调查研究。但据对农田、牧场、水域等生境的初步统计，目前已知外来有害植物有近60种（详见附表）（刁正俗，1989；农牧渔业部农垦局农业处，1987；李书心，1991；贺士元、邢其华等，1987；贾慎修，1982；内蒙古植物志编辑委员会，1978～1985；中国科学院中国植物志编辑委员会，1959～1992；王枝荣等，1990；Waterhouse，1993）。这些植物包括有毒植物、农田杂草、环境杂草等类别。危害的生态环境主要有草原、林地、水域或湿地、农田、废弃荒地、铁路公路两旁等。传入途径则包括有意识引入后逸为野生和自然传入两种。原产地主要是美洲（86.3%）和欧洲（31.7%）。

根据资料统计，截止到1970年，原产世界各地引种到我国来的植物837种，隶属于267科，约占我国栽培植物的25%～33%。这些植物引种区系包括印度——马来西亚区，新热带区的中美洲（包括墨西哥），欧洲西伯利亚地区，非洲亚区，北美大西洋沿岸地区，地中海亚区，伊朗—土耳其地区（谢孝福，1994）。植物引种为我国的农林业等多种产业的发展起到了重要的促进作用，但人为引种也导致了一些严重的生态学后果。例如目前在我国南方普遍发生的水花生（*Alternanthera philoxeroides*（Mart.）Gris、水葫芦（*Eichhornia crassipes* Solms）均在20世纪50～70年代作为有益植物人为推广种植之后逸为野生，成为有害植物的（王韧和王远，1988；丁建清和王韧等，1995）。另外，近20年来，随着对外经济和科技交流的日益扩大，外来入境植物（包括杂草）数量也大为增加，但由于人力缺乏及工作难度大，再加上人们对一些植物引入后所产生的利弊看法不一，到目前为止很难得出引种所带来的有害植物的准确数据（丁建清和万方浩，1993）。

除人为引种外，外来植物还可通过风力、水流、鸟类等动物以及各种农事操作传播，也可借助于多种交通运输工具传入新的地区。例如，豚草（*Ambrosia artemisiifolia* L.，*A. trifida* L.）的传入便是通过口岸依靠种子进入我国（关广清，1993）；而紫茎泽兰（*Eupatorium adenophorum* Spreng）则是从中缅、中越边境自然扩散入我国的（刘伦辉和谢寿昌等，1985）。

3 主要外来有害植物对我国本地生物多样性的影响

在我国，外来有害植物已经构成了对本地生物多样性的严重威胁。这些威胁主要表现在①与本地植物竞争土壤、水分及生存空间，造成本地物种数量下降或灭绝；②严重威胁自然保护区的建设和发展；③外来有毒植物造成当地牲畜死亡或生存力下降；④其他方面的连锁反应，如气候、土壤、水分、有机物等一系列生态学变化。目前在我国分布广泛，已对本地生物多样性及农林业生产破坏较为明显的外来有害植物有紫茎泽兰、豚草、水花生、水葫芦等，此外，于 20 世纪 70～80 年代引入我国作为沿海护滩植物的大米草（*Spartina* spp.）近年来也逸出其原引入的生态环境，形成大面积单优群落，并已引起了当地生物多样性的丧失（黄舟雄，1990）。

3.1 紫茎泽兰

菊科，泽兰属，原产中美洲，大约于建国前后从中缅、中越边境传入我国云南南部（刘伦辉和谢寿昌等，1985）。现已广泛分布于云南、广西、贵州、四川等省区的很多地区，现正以很快的速度向北推移。仅云南目前发生面积即达 2470 万 hm^2（史志诚和杨旭，1994）。紫茎泽兰在其发生区总是以满山遍野密集成片的单优植物群落出现，大肆排挤本地植物、侵占宜林荒山、影响林木生长和更新；并侵入经济林地，影响栽培植物生长；还堵塞水渠，阻碍交通（刘伦辉和谢寿昌等，1985）。目前紫茎泽兰已经严重威胁到我国的生物多样性关键地区之一——西双版纳自然保护区内许多物种的生存和发展。另外，紫茎泽兰还严重危害当地畜牧业的发展。它所含有的毒素易引起马匹的气喘病，仅 1979 年在云南省的 52 个县 179 个乡，发病马 5 015 匹，死亡 3 486 匹，甚至造成“无马县”，牛羊也因无可食饲料种群数量锐减（史志诚和杨旭，1994）。

3.2 水葫芦

又称凤眼兰、凤眼莲，雨久花科，凤眼莲属，原产南美，大约于 30 年代作为畜禽饲料引入我国，并曾作为观赏和净化水质植物推广种植，后逸为野生（Deloach and Cordo，1978；刁正俗，1989）。由于其无性繁殖速度极快，现已广泛分布于华北、华东、华中和华南的大部分省、市，尤以云南昆明、江苏、浙江、福建、四川、湖南、湖北等省和河南省南部发生严重（丁建清和王韧等，1995）。水葫芦主要分布于河流、湖泊和水塘中，往往形成单一的优势群落。在昆明市，流经该市的大观河已完全被单一的水葫芦种群覆盖，该市赖以生存的高原湖泊滇池内连绵 1 000hm^2 的水面上全部生长着水葫芦，盖度近 100%，由于水质污染和因此而导致的水葫芦的疯长，滇池内很多水生生物已处于灭绝的边缘。资料记载，60 年代以前滇池主要水生植物有 16 种，水生动物 68 种，但到 80 年代，大部分水生植物相继消亡，水生动物仅存 30 余种（吴克强，1993）。在滇池一带，外来有害植物已成为明显的优势种，形成了滇池水面覆盖水葫芦，附近河道、水塘长满水花生，周围山地密布紫茎泽兰的外来种世界。

3.3 水花生

又称空心莲子草，苋科，莲子草属，原产巴西（Coulson，1977），该草于 30 年代传入我国上海及华东一带，50 年代后南方很多地区将此草作为猪饲料人为引种扩散种植，后逸为野生（刁正俗，1989）。现分布于北至吉林，南至广东的 23 个省、市、自治区（谭万忠，1994）。据 1986 年调查，仅四川省的 35 个县，累积发生面积即达 34.7 万 hm^2，最高发生密度达 339.6

茎/m²（王韧和王远，1988）。水花生的发生环境有池塘、沟渠、稻田、蔬菜田、旱作物田、果园、河流、房前屋后、路旁地边等，常常形成单一的优势群落，覆盖水域或陆地。

3.4. 豚草

包括普通豚草和三裂叶豚草，属菊科，豚草属，原产北美（Harris and Piper，1970）。30年代传入我国，现广泛分布于东北、华北、华中、华东、华南的15个省、市，并形成了沈阳、南京、南昌和武汉四个扩散中心（万方浩和王韧，1987）。据对沈阳等8城市的荒山、河滩、铁路公路两旁等多种栖境调查，豚草优势度为0.85～1.0，群落多样性为0～0.62（万方浩和王韧，1994）。豚草的密度与多样性指数呈负相关，对禾本科、菊科等1年生草木植物有明显的排挤作用。在豚草发生区，昆虫的多样性显著降低（李迪强，1994）。除对本地生物多样性构成威胁外，豚草花粉是人类变态反应症的主要致病原之一，所引起的“枯草热”对全世界很多国家的人类健康带来了极大的危害（夏风云，1983）。

4 外来有害植物的治理对策

治理外来有害植物，应根据外来植物的传入途径、发生特点及危害方式采取综合治理对策。

4.1 植物检疫

这种方法是防止外来植物侵入的第一道防线。通常需要制订出检疫对象，严格检查从境外引入的作物种子、林木、花卉、有机肥料以及一些包装材料，防止危险性植物随上述材料传入（曹骥和李学书等，1988）。植物检疫具有将新的外来有害植物抵御于国境之外的优点，但对于已传入国境的、在国内传播的植物来讲，植物检疫就难以发挥更大的作用。

4.2 化学防除

化学除草剂具有效果迅速，杀草谱广的特点。但在防除外来植物时，除草剂往往也杀灭了许多种本地植物，而且化学防除一般费用较高，在大面积山林及一些自身经济价值相对较低的生态环境如草原使用往往不经济、不现实，此外，对一些特殊环境如水库、湖泊，化学除草剂是限制使用的（Schroeder，1992）。另外对于许多种多年生外来杂草，大多数除草剂通常只杀灭地上部分，难以清除地下部分，所以需连续施用，防治效果难以持久。

4.3 人工及机械防除

人工及机械防除有害植物对环境安全，短时间内也可迅速杀灭一定范围内的外来植物。但当发生面积大时，需要相当多的劳动力。而且人工或机械防除后，如不妥善处理有害植物残株，这些残株依靠无性繁殖有可能成为新的传播来源。

4.4 生物防治

生物防治是指从外来有害植物的原产地引进食性专一的天敌将有害植物的种群密度控制在生态和经济危害水平之下（王韧，1986）。生物防治方法的基本原理是依据植物—天敌的生态平衡理论，试图在有害植物的传入地通过引入原产地的天敌因子重新建立有害植物——天敌之间的相互调节、相互制约机制，恢复和保持这种生态平衡。天敌一旦在新的生境下建立种群，就可能依靠自我繁殖、自我扩散，长期控制有害植物。因而生物防治具有控效持久、对环境安全、防治成本低廉的优点（Harley and Forno，1992）。但对于那些要求在短时期内彻底清除的有害植物，生物防治难以发挥良好的效果。因为从释放天敌到获得明显的控制效果

一般需要几年甚至更长的时间。

由于上述各种方法单独应用都有其优缺点，而综合起来、协调运用，发挥各自的长处，形成一套综合治理体系将会极大地提高防治效果，达到高效、持久、安全、低成本的目的。根据国内外众多成功的事例，采用以生物防治为主，辅以化学、机械或人工方法的综合防治体系是解决外来有害植物的最为有效的方法（丁建清，1995）。

5 我国目前对外来有害植物的研究及防治现状

自 80 年代以来，由中国农业科学院生物防治研究所，中国科学院昆明生态研究所，沈阳农业大学，湖南农业科学院植物保护研究所等国内一批科研机构，开始对一些重要的外来有害植物进行分布区系调查及生物防治和综合治理研究，并取得了一定的成效。

5.1 对我国外来有害植物分布区系及危害情况的调查

80 年代初中国科学院昆明生态研究所对紫茎泽兰的发生和分布进行了系统调查，随后云南省和贵州省也相继进行了调查研究工作（刘伦辉和谢寿昌等，1985）；农业部和中国农业科学院生物防治研究所分别于 1984 和 1987 年会同辽宁、湖南、江苏等省的科研机构对豚草和三裂叶豚草进行了分布区系调查（黄宝华，1985；万方浩和王韧，1988）；1986 年，中国农业科学院生物防治研究所对全国水花生的分布危害进行了系统调查（王韧和王远，1988）；西南农业大学植保系也对水花生在我国的垂直和水平分布进行了调查(谭万忠,1994)；1993～1995 年中国农科院生防所对水葫芦在全国的分布也进行了详细的调查（丁建清和王韧等，1995）。通过以上调查，基本掌握了 5 种外来有害植物在全国的发生扩散分布情况。

5.2 生物防治外来有害植物的研究和进展

在我国，人工防除有害植物具有悠久的历史。自 80 年代以来，我国才开始了生物防治方面的系统研究，但进展很快，一些项目已获得了成功（王韧，1986）。在国家科委、国家自然科学基金和青年基金的支持和资助下，生物防治有害植物作为一门学科也已在我国成立，开展了主要外来有害植物的生物防治和综合治理的基础及应用研究，掌握了从天敌的筛选、安全性测定到饲养释放的手段和技术，培养了有害植物生物防治的博士、硕士研究生，并与国外广泛开展了学术信息、人员的交流，有些研究成果已在国际会议上进行了交流，引起国际学术界的重视。

截止 1998 年底，已有 6 种专一性天敌昆虫被成功地引入控制五种外来有害植物，其中 3 种在当地已经建立种群。从中尼边界采集到的一种实蝇（*Procecidochares utilis* Stong）已成功地在云南省、贵州省定居，有效地抑制了紫茎泽兰的生长，受该实蝇寄生的植株高度下降 24.2%～57%，种子发芽率降低 15%～17%（陈升碧和关继盛，1995；陈旭东、何大愚，1990）；已研制了一套以生物防治为主，配合化学、替代控制方法的综合防治豚草的技术体系，并正在湖南、辽宁省等地实施，推广面积达 1 000hm²（万方浩等，1993）；从美国引进的一种专食性叶甲（*Agasicles hygrophila* Selman & Vogt）已经在湖南、四川、福建、云南、广西等省（自治区）释放，成功地控制了当地一些水库、沟渠及城郊和自然环境中的水花生的生长，原先被该草覆盖的大片水域已被重新用于养殖业，受水花生排挤的本地植物也重新获得了生长的空间（王韧和王远等，1988；李宏科和王韧，1994）。目前在云南、浙江、福建等省正在实施一项生物防治水葫芦的项目，从水葫芦原产地阿根廷引进的专食性天敌昆虫（*Neochetina*

eichhorniae Warner）和（*N. bruchi* Hustache）有望控制水葫芦的危害，以恢复原有的水生植物生态系统。

6　关于治理我国外来有害植物的建议

在我国，有关外来有害植物的研究刚刚起步。目前需要从事很多工作，其中最为重要的有如下几方面。

6.1　谨慎引种并加强对引进的外国植物种的管理

对于拟引入的外来植物种类，不论其作何用途，必须组织包括生态学家、植物检疫人员、杂草防治专家、环保专家在内的专家组的充分论证，经国家动植物检疫局批准方可引入、试种，以防止引种后带来生态学灾难（Mooney and Drake，1989）。要加强管理，防止种苗的随意扩散。应进一步健全完善并有效实施植物检疫法及植物引种条例，从法律上严格约束外来有害植物的传入。

6.2　查清我国现有的外来有害植物种类及为害情况

组织全国协作，动员有关单位及专家学者共同参与，在全国范围内调查各种生境中的外来有害植物种类、分布，并认真评价这些外来有害植物对当地生物多样性的影响。

6.3　加强对已知的主要外来有害植物的生物防治及综合治理工作

我国已开始了紫茎泽兰、豚草、水花生和水葫芦的生物防治及综合治理工作，并已取得了一定的成效，但由于这些有害植物分布十分广泛，扩散蔓延速度极快，再加上这方面研究刚刚起步，力量较为薄弱，因而目前仍难以在全国范围内十分有效地抑制这些植物的生长。建议国家加强在这方面的经费投入，先就一两种危害特大的外来有害植物进行研究及综合治理示范，建立成功模式，再总结经验，大力推广已有的研究成果，逐步达到控制主要外来有害植物危害、保护生物多样性的目的。

致谢

本文承蒙南京农业大学李扬汉教授，中国科学院植物研究所马克平博士，中国农业科学院生物防治研究所万方浩博士，江苏农学院林冠伦教授，沈阳农业大学关广清教授，中国科学院昆明生态所何大愚研究员以及农业部科技司黄宝华先生审阅，并提出宝贵意见，在此一并致谢！

参考文献

曹骥，李学书，观良华，李先誉．1988．植物检疫手册．北京：科学出版社

陈灵芝．1994．生物多样性保护现状及其对策．见：钱迎倩，马克平（主编）．生物多样性研究的原理与方法．北京：中国科学技术出版社，13～35

陈升碧，关继盛．1995．泽兰食蝇生物学特性及其控草效果研究．第二届全国生物防治学术讨论会论文集．北京：

陈旭东，何大愚．1990．利用泽兰实蝇控制紫茎泽兰的生防策略研究．应用生态学报，1（4）：315～321

刁正俗．1989．中国水生杂草．重庆：重庆出版社，501

丁建清，万方浩．1993．杂草生物防治中的利益冲突．见：万方浩等（主编）．昆虫生态学研究．北京：中国

科学技术出版社，102～106

丁建清，王韧等．1995．恶性水生杂草水葫芦在我国的发生为害及其防治策略．杂草学报，9（2）

丁建清．1995．生物防治：杂草综合治理的重要内容．杂草学报，9（1）：60～64

关广清．1993．豚草属植物概述．见：万方浩等（主编）．豚草及豚草综合治理．北京：中国科学技术出版社，102～106

郭水良，李杨汉．1995．我国南方地区外来杂草研究初报．杂草学报，2：4～8

贺士元，刑其华等．1987．北京植物志（上下册）．北京：北京出版社

黄宝华．1985．豚草在国内的分布及危害调查．植物检疫，1：62～65

黄舟雄．1990．大米草成了大祸害——来自东吾洋的呼吁．中国农牧渔业报，10月22日

贾慎修（主编）．1982．草地学．北京：农业出版社

李迪强．1994．豚草对生物多样性影响研究．见：马克平等（编辑）．生物多样性研究进展——首届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文摘要汇编

李宏科，王韧．1994．空心莲子草叶甲的越冬保护和大量繁殖释放研究．生物防治通报，10（1）：11～14

李书心主编．1991．辽宁植物志（上下册）．沈阳：辽宁科学技术出版社

刘伦辉，谢寿昌，张建华．1985．紫茎泽兰在我国的分布，危害与防除途径的探讨．生态学报，5（1）：1～6

内蒙古植物志编辑委员会．1979－1985．内蒙古植物志1－8卷．呼和浩特：内蒙古人民出版社

农牧渔业部农垦局农业处．1987．中国农垦农田杂草及防除．北京：农业出版社

潘伯敦，王韧等．1989．辽宁内蒙乳浆大戟草天敌的调查研究．生物防治通报，5（2）：64～67

史志诚，杨旭．1994．草地毒草危害及防除研究概况．草业科学，11（3）：52～54

谭万忠．1994．空心莲子草在我国的水平和垂直分布．杂草学报，8（2）：30～34

万方浩，关广清，王韧（主编）．1993．豚草及豚草综合治理．北京：中国科学技术出版社，321

万方浩，王韧．1988．豚草在我国的发生为害及其防治．农业科技通讯，5：24～25

万方浩，王韧．1994．豚草和三裂叶豚草在我国的分布及其防治策略．见：万方浩等（主编）．豚草及豚草综合治理．北京：中国科学技术出版社，89～94

王韧，王远．1988．我国南方水花生发生为害及生物防治调查．杂草学报，2（1）：38～40

王韧，王远，张格成，李继祥．1988．空心莲子草叶甲的寄主转一性测定．生物防治通报，4（1）14～17

王韧．1986．我国杂草生防现状及若干问题的讨论．生物防治通报，2（4）：173～177

王枝荣（主编）．1990．中国农田杂草原色图谱．北京：农业出版社

吴克强．1993．初谈滇池流域的生态平衡．国内湖泊（水库）协作网通讯，1：47～49

夏风云．1983．豚草花粉过敏病．植物检疫，6：16～19

谢孝福．1994．植物引种学．北京：科学出版社

中国科学院中国植物志编辑委员会．1959－1992．各卷册．北京：科学出版社

CAB International. 1994. Using Biodiversity to Protect Biodiversity. U. K. Wallingford: Nicholas Publicity, 14

Coulson, J.R. 1977. Biological control of alligatorweed. 1959～1972. Technical Bulletin, USDA ARS. (1547): 98

Deloach, C.J. and H.A. Cordo. 1978. Life history and ecology of the moth sameodes albiguttalis, a candidate for biological control of waterhyacinth. Environmental Entomology, 7 (2): 309～321

Diamond, J. 1989. Overview of recent extinctions. In: Western, D. and M. Peal (eds.). Conservation for the Twenty-First Century. New York, Oxford: Oxford University Press, 37～41

Foy, C.L., D.R. Forney and W.E. Cooley. 1983. History of weed introductions. In: Wilson, C.L. and C.L. Graham, (eds.). Exotic Plant Pests and North American Agriculture. Academic Press, Inc. 65～89

Harley, K.L.S. and I.W. Forno. 1992. Biologica Control of weeds. Melborne- Sydeney: Inkata Press

Harris, P., G. L. Piper. 1970. Ragweed (*Ambrosia* sp. Compositae), its north American insects and the possibilities for its biological control. C. I. B. C. Tech Bull, 13: 117～140

Schroeder, D. 1992. Biological Control of Weeds: a Review of Principle and Trends. *Pesq. Agropec. Bras. Brasilia.*, 27, s/n: 191～212, abr. 1992

Waterhouse, D. F. 1993. The Major Arthropod Pests and Weeds of Agriculture in Southeast Asia. Canberra: Australian Center for International Agricultural Research, 141

附表：中国已知外来有害植物名录

科名	中文名	拉丁学名	原产地
苋科	水花生（空心莲子草）	*Alternanthera philoxeroides*	南美洲
	刺花莲子草	*A. pungens*	南美洲
	白苋	*Amaranthus albus*	北美洲
	反枝苋	*A. retroflexus*	南美洲
	皱果苋	*A. retroflexus*	热带非洲
石竹科	王不留行	*Vaccaria segetalis*	欧洲
罂粟科	野罂粟	*Papaver nudicaule*	欧洲
十字花科	绿独行菜	*Lepidium campestre*	欧洲
	穿叶独行菜	*L. perfoliatum*	欧洲
	北美独行菜	*L. virginicum*	北美洲
	豆瓣菜	*Nasturtium officinale*	欧洲
豆科	白香木草	*Melilotus albus*	欧洲
	含羞草	*Mimosa pudica*	热带美洲
大戟科	泽漆	*Euphorbia hetioscopia*	热带美洲
	飞扬草	*E. Hirta*	热带美洲
柳叶菜科	红花柳叶菜	*Oenothera orseus*	北美洲
旋花科	圆叶牵牛	*Pharbitis purpurea*	北美洲
紫草科	天芥菜	*Heliotropium*	欧洲
马鞭草科	马缨丹	*europeum*	热带美洲
茄科	灯笼草	*Lantana camara*	南美洲
玄参科	野甘草	*Physalis pubescens*	南美洲
	波斯婆婆纳	*Scoparia dulicis*	西亚，欧洲
列当科	光药列当	*Veronica persica*	欧洲
车前科	北美车前	*Orobanche brassicae*	北美洲
菊科	普通豚草	*Plantago virginica*	北美洲
	三裂叶豚草	*Ambrosia*	美洲
	钻叶紫菀	*artemisiifolia*	美洲
	大狼把草	*A. trifida*	北美洲
	三叶鬼针草	*Aster sbulatus*	热带美洲
	野塘蒿	*Bidens frondose*	欧洲
	加拿大飞蓬	*B. pilosa*	北美洲
	蛇目菊	*Conyza bonarinisis*	北美洲
	一年蓬	*Erigeron canadensis*	北美洲
	辣子草	*Coreopsis tinctoria*	南美洲

（续）

科名	中文名	拉丁学名	原产地
	紫茎泽兰	*Erigeron annuus*	中美洲
	飞机草	*Galinsoga parviflora*	中美洲
	堆心菊	*Euatloriu*	中美洲
	北千里光	*adenophorum*	欧洲
	欧洲千里光	*E. odoratum*	欧洲
	裸柱菊	*Helenium autumnale*	南美洲
	银胶菊	*Senecio dubilobilis*	北美洲
眼子菜科	包果菊	*S. vulgaris*	美洲
禾本科	刺苍耳	*Soliva anthemifolia*	南美洲
	假螺胚眼子菜	*Parthenium*	北美洲
	牛筋草	*hysterophrus*	印度
	多花黑麦草	*Polymnia uvedlia*	欧洲
	毒麦	*Xanthium spinosum*	欧洲
	铺地黍	*Potamogeton vasyi*	热带非洲
	毛花雀稗	*Eleusine indica*	南美
	梯牧草	*Lolium multiflorum*	欧洲
	大米草	*L. temulentum*	欧洲
	棕叶狗尾草	*Panicum repens*	非洲
	假高粱	*Paspalum dilatatum*	欧洲
莎草科	香附子	*Phleum pratense*	印度
	类缘刺子莞	*Spartina anglica Setaria palmifolia*	南美洲
浮萍科	三脉浮萍	*Sorghum halepense*	美洲
谷精草科	长茎谷精草	*Cyperus rotundus Ryhnchospoa submarginataLemna trinervis*	南美洲
雨久花科	水葫芦（凤眼莲）	*Eriocaulon melunocephalum Eichhornia crassipes*	南美洲

THE EFFECT OF INVASIVE ALIEN PLANTS ON CHINESE BIODIVERSITY AND THE RELATED MANAGEMENT STRATEGY

Ding Jianqing, Wang Ren, Fu Weidong

(Institute of Biological Control, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100081)

The ecological invasion of alien species is one of the most important reasons of the loss of biodiversity. This paper listed sixty invasive alien plant species which were accidentally or deliberately introduced to China. Among them croften weed (*Eupatorium adenophorum Spreng*), water hyacinth (*Eichhornia crassipes Solms*), alligatorweed (*Alternanthera philoxeroides* Griseb) as well as ragweeds (*Ambrosia artemisiifolia* L. and *A. trifida* L.) are currently regarded as the most important invasive plants damaging local biodiversity greatly. The current status of the effect

of these plants on biodiversity and the management to control them in China were reported. A strategy of integrated management was suggested to prevent and control invasive alien plants. It included strict quarantine, careful introduction and management of alien plants as well as biological control of serious domesticated plants.

Key words: Alien species, Invasive alien plants, Biodiversity, Integated management, Biological control

热带山地轮歇地植物多样性及利用植物研究*

付永能　陈爱国　刘志秋　崔景云

（中国科学院西双版纳热带植物园，云南勐腊 666303）

摘要　本文以西双版纳哈尼族大卡老寨为例，通过野外快速编目、参与性剖面走访及半结构访谈等方法，对热带山地轮歇地耕种系统及轮歇系统物种丰富度和利用植物进行了调查研究。结果显示：轮歇系统物种丰富度变化幅度较大，其中1～6年轮歇地物种丰富度为4.8～8.0，平均为6.0，而17、33年的弃耕地物种丰富度分别为8.2、9.5。耕种系统物种丰富度变化幅度相对较小，为2～5.9，同时平均值较低，仅达3.4。整个村寨轮歇地系统利用植物达78种，分属38科63属，其中大戟科、蝶形花科、茜草科、菊科及锦葵科植物占多数。排序结果表明利用植物利用部位百分率排序依次为根、木材、全株、叶、果；用途百分率中，依次为药用、用材、食用、饲料和其他用途；生活型百分率大小依次为乔木、草本、灌木、藤本。文末附大卡老寨轮歇地系统民间利用植物名录，包括当地名、拉丁名、中文名、分布、利用部分、用途和生活型。

关键词　轮歇地　物种丰富度　民间利用植物

西双版纳不同民族在共同开发建设西双版纳的历史过程中，因其民族信仰、社会经济条件等的不同，形成和发展了不同的农业生物多样性，如傣族的“农田—村寨—龙山—森林”的农业生态系统，哈尼族、基诺族、布朗族等山地民族的森林—轮歇地农业生产体系（许再富，1996；刘宏茂等，1992；尹绍亭，1994；许建初等，1997）。而其中很多学者对刀耕火种产生的原因、存在的不同类型及合理性，以及受到的越来越多的挑战等作了详细的报道（尹绍亭，1994；许建初等，1997；王洁如和龙春林，1995；裴盛基，1986；Katherine Waner，1991）。刀耕火种人类生态系统的生产者，分布于系统的两个产出子系统之间，一个是耕种子系统，一个是轮歇地林产品子系统（尹绍亭，1994）。有关这两个子系统的民族植物学研究同样有详尽的报道，各民族研究侧重点不一样。但目前情况来看对傣族的民族植物学研究多于其他山地民族（禹平华等，1982，1985；赵世望和周兆奎，1985；许再富和黄玉林，1991，许再富和刘宏茂，1995；李延辉等，1984）。本文从村级水平以西双版纳哈尼族大卡老寨为例，进行了热带山地轮歇地与植物多样性变化及民间利用植物的调查与分析。

* 联合国大学、全球环境基金“人、土地与环境（UNU/PLEC/GEF/CHINA）计划“中国云南农业生物多样性保护与农村社区可持续发展研究与试验示范项目”资助。本文在调查过程中得到了大卡老寨南散等的热情帮助，标本由中国科学院西双版纳热带植物园王洪、肖文祥、张玲同志协助鉴定，并承邹寿青研究员、陶国达研究员审阅文稿和附录，特此致谢！

1 研究地区

大卡老寨隶属西双版纳勐仑镇，距勐仑镇8km，地处21°41′N，101°25′E，年平均气温21.5℃，≥10℃积温为7 811℃，年降雨量1 563mm，雨季降雨（5月～10月）占全年降雨82%，干湿季分明，相对湿度83%，土壤为砖红壤性红壤，PH值5.5～6.5，原生植被为热带季节性雨林。该村位于半山腰，海拔540m～980m，为西双版纳典型的热带山地村寨类型。

大卡老寨现有轮歇地63.3hm²，划分为6片，每片种1年，6年一轮。作物有旱谷、玉米、花生、黄豆等。同时又根据土地肥力状况，选用不同传统旱稻品种如好长、干拉、干巴（哈尼名）等，但1984年以来主要种植杂交稻。

2 研究方法

（1）到勐仑镇政府大卡办事处收集、整理大卡老寨有关数据和资料。

（2）田野样方调查：在样地设立10m×10m的样方，并重复一次。在当地有经验人的陪同下对样方内所有植物物种进行快速编目，并详细询问其利用情况。

（3）标本的采集和鉴定：对现场难以鉴定的植物，记录其利用情况，采集标本带回标本室鉴定。

（4）物种丰富度（Species Richness Index，缩写为SRI）计算（马克平，1996）。

3 结果与分析

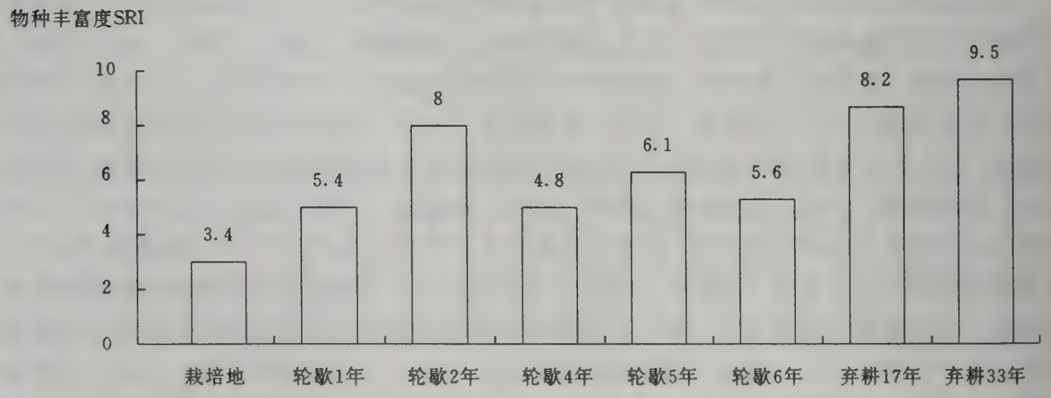


图1 大卡老寨轮歇地物种丰富度变化图

3.1 轮歇地系统与植物多样性

不同演替时期的物种多样性研究已有报道（贺金生和陈伟烈，1997；刘宏茂和许再富，1996；刘玉成等，1991；高贤明等，1997；温远光，1998；余作岳和彭少麟，1997；汪汇海，1983）。我们对不同时间轮歇地的物种丰富度作了样方调查（表1），结果发现随着轮歇时间的增加，轮歇地地上部分物种丰富度呈现出不断增加的趋势（图1），即如贺金生等归纳的一样，

随着演替进程，物种多样性通常增加，而演替过程中在某些阶段可能出现物种多样性的降低（贺金生和陈伟烈，1997）。如在2年轮歇地物种丰富度较高是因为阳性林木尚未发育到自疏阶段，同时草本占大多数。

表1 大卡老寨轮歇地植物利用简表

样方		用材	薪材	药用	饲料	野菜	野果	其他用途	合计	非利用植物	总计
1年轮歇地	物种数 S.N*.	1	2	4	1	6	1	2	16	5	21
	比率（%）	4.8	9.5	19.0	4.8	28.6	4.8	9.5	76.2	23.8	100
2年轮歇地	物种数 S.N.	—	5	7	—	2	—	2	15	15	30
	比率（%）	—	16.7	23.3	—	6.7	—	6.7	50.0	50.0	100
4年轮歇地	物种数 S.N.	3	2	2	—	2	2	1	10	6	16
	比率（%）	18.8	12.5	12.5	—	12.5	12.5	6.3	62.5	37.5	100
5年轮歇地	物种数 S.N.	2	1	5	—	1	3	4	13	4	17
	比率（%）	11.8	5.9	29.4	—	5.9	17.6	23.5	76.5	23.5	100
6年轮歇地	物种数 S.N.	3	5	5	1	3	3	1	19	3	22
	比率（%）	13.6	22.7	22.7	4.5	13.6	13.6	4.5	86.4	13.6	100
17年弃耕地	物种数 S.N.	5	2	14	—	4	2	4	24	9	33
33年	比率（%）	15.2	6.1	42.4	—	12.1	6.1	12.1	72.7	27.3	100
弃耕地	物种数 S.N.	5	4	6	2	3	3	2	19	10	35
	比率（%）	14.3	11.4	17.1	5.7	8.6	8.6	5.7	54.3	45.7	100

*S.N. 平均物种数

样方调查中显示，轮歇1、2年的以飞机草（*Eupatorium odoratum*）占优势，包括草本植物野茄（*Solanum coagulens*）等，物种丰富度虽高，还生长有幼小灌木、小乔木如包疮叶（*Measa indica*）、光叶合欢（*Albizia lucidior*）等，但只能提供野菜、药用植物等；轮歇4～6年后其他树种如大穗野桐（*Mallotus macrostachys*）、中平树（*Macaranga denticulata*）长势已超过飞机草，形成次生林，这时飞机草在林内有明显的消亡趋势，成为小规格用材、薪材及野菜、野果的采摘地；而弃耕17年、33年的样地，已恢复到砍伐时的状况并划分为集体林，物种丰富度也更高，分别达8.2、9.5，并成为建材如红梗润楠（*Machilus rufipes*）等的采伐基地和野生食物来源地等。轮歇地退化生态系统在次生演替过程中，林木树冠层和凋落物能防止雨季雨水冲刷造成的水土流失；根系的穿透力及分泌物的物理化学作用，促进土壤肥力的恢复（余作岳和彭少麟，1997）；同时，土壤微生物的活动又把凋落物分解成养分参与到土壤——植物的生物小循环中（汪汇海，1983），从而使土壤通过林木得到改良。同时，土壤改良促进林木生长发育，如Ashton及Gartlan等的研究显示土壤中P、Mg、K的水平与热带植物群落物种多样性之间存在着显著的相互关系，Gartlan等也发现，土壤中可溶性K与物种丰富度显著相关（贺金生和陈伟烈，1997）。通过林木和土壤两方面的恢复，使退化生态系统得以自然修复，从而使轮歇地演替为集体林。

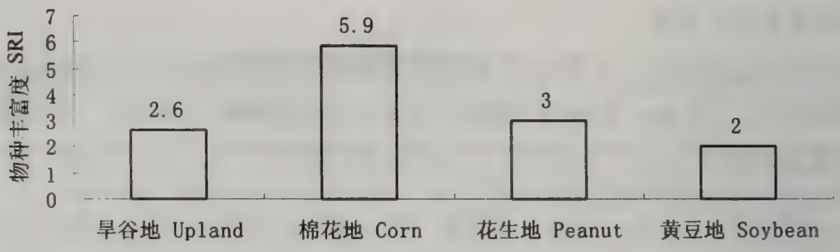


图2 耕作子系统物种丰富度

3.2 耕种子系统对植物多样性的影响

大卡老寨轮歇地一般种植旱谷和少量花生、玉米、黄豆、棉花等，棉花是喜热性作物，深化熟土，抑制杂草，同时每年有大量残叶落归土地，因此可恢复和提高土壤肥力。黄豆和花生具有根瘤菌，具有固氮作用，且落叶量大，有较强的肥地效果，因而是最常见的轮作作物和肥地植物。我们对种植不同作物的轮歇地耕种子系统物种丰富度进行了调查分析，发现不同作物地其物种丰富度并不相同，但变化幅度相对较小，为2～5.9（图2所示），同时平均值较低，仅达3.4。原因之一是作物分疏生作物和密生作物，其地上部分占据空间疏密不同，从而直接影响其他植物的生长。其他原因则有待深入研究。

3.3 轮歇地植物多样性的利用现状

从图1及图2可以看出，轮歇地栽培系统物种丰富度较低（平均为3.4），大部分乔木及灌木被清除，只生长有胜红蓟（*Ageratum conyzoides*）、羽叶黄檀（*Dalbergia pinnata*）、黄牛木（*Cratoxylon cochinensis*）、海金沙（*Lygodium japonicum*）、冰片叶、西南扁担杆（*Grewia henryi*）等植物。具有使用价值的主要是轮歇作物，如旱稻、花生等，还有少量瓜果。而轮歇系统利用则是提供当地居民大部分时间的"菜篮子"及建材等生活用品的场所。Sandra Brown等人更是列出了次生林对人类利用的价值，如提供水果、药材、建材、支持高等动物生产作为猎场等（Sandra Brown and Ariel E. Lugo，1994）。调查排序结果表明（见表2），整个轮歇地系统利用植物利用部位百分率，依次为根、木材、全株、叶、果；用途百分率中，依次为药用、用材、食用、饲料和其他用途；利用植物生活型百分率大小依次为乔木、草本、灌木、藤本。而实际上，不同时间轮歇地大多数树木都可作用材或薪材，只是村民习惯上常用那些材质较好、不易受虫蛀的树种或燃烧时不会炸裂且容易破柴的树种而已，故其利用百分率相对较小。同时现在的情况是因民族珍贵用材的逐渐枯竭，村民已开始利用一些以前不用的树种作用材。

总之，上述利用植物中，利用了植物的根、叶、果、种子、纤维、花序、藤、树皮、全株、木材等，作为药用、野菜、野果、用材、薪材等不同用途，如每年开辟新地砍伐的树木，并不全部焚烧，有的用作建材，有的用作薪材。同时，经常性的大量的菜食，仍是根据植物的物侯期（肖文祥等，1993），采自轮歇地次生林等森林中生长的野菜、竹笋等，如千张纸（*Oroxylum indicum*）、野茄（*Solanum coagulen*）等。笔者在野外调查时经常能见到哈尼妇女头负装满采集物的背箩准备到勐仑集市上出售。而大面积发展的西番莲，以及最近才种植的

柚木（*Tectona grandis*），则是轮歇地中最近几年新引进种。大卡老寨轮歇地系统民间利用植物达 78 种，分属 38 科 63 属，其中大戟科、蝶形花科、茜草科、菊科及锦葵科植物占多数。栽培作物和轮歇作物一部分自用外，多余部分则到坝区集市出售以换取其他生活用品，可以说轮歇地两个子系统植物在村民生活中具有举足轻重的作用。

表 2　大卡老寨轮歇地利用植物百分率排序表

利用目的	百分率(%)*	利用部位	百分率(%)	生活型	百分率(%)
药用	71	根	37	乔木	42
用材	29	木材	29	草本	25
食用	13	全株	24	灌木	22
饲料	8	叶	23	藤本	11
其他目的	8	果	15		
代粮	6	茎	14		
观赏	4	种子	10		
薪材	4	花	6		
水果	4	茎皮纤维	6		
		树皮	5		
		其他部位	5		

*因部分植物不同部位有不同用途(详见附录)，故利用目的和利用部分百分率总和不一定为 100，而生活型中百分率为 100，此注。

4　讨论

4.1　轮歇地是盛行于热带山地最古老最普遍的土地利用方式。轮歇系统中不同时间的轮歇地物种丰富度总的说来呈不断增加的趋势，且变化幅度较大，其中 1～6 年轮歇地物种丰富度为 4.8～8.0，平均为 6.0，而 17、33 年放弃耕种的样地物种丰富度分别为 8.2、9.5。一方面是次生林的植被恢复演替，一方面其利用植物也具较大的利用价值。

4.2　耕种子系统中不同作物地物种丰富度指数变化幅度较小，为 2～5.9，同时平均值相对较低，仅达 3.4。但可以引入一些新的物种，如西番莲、柚木。

4.3　整个轮歇地系统民间利用植物种类较多，仅本调查研究记载的利用植物就达 78 种，隶属于 38 科 63 属，其中大戟科、蝶形花科、茜草科、菊科及锦葵科植物占多数。排序结果表明利用植物利用部位百分率排序依次为根、木材、全株、叶、果；用途百分率中，依次为药用、用材、食用、饲料和其他用途；生活型百分率大小依次为乔木、草本、灌木、藤本。轮歇地中利用植物是村民衣食住行的重要生活来源之一。

参考文献

许再富．1996．热带植物资源持续发展的理论与实践．北京：科学出版社

刘宏茂，许再富，陶国达．1992．西双版纳傣族“龙山”的生态学意义，生态学杂志，11（2）：41～43，60

尹绍亭．1994．森林孕育的农耕文化——云南轮歇地制．昆明：云南教育出版社

许建初，裴盛基，陈三阳．1997．勐宋哈尼族传统轮歇农业系统．见：裴盛基，许建初，陈三阳等（主编）．西双版纳轮歇农业生态系统生物多术样性研究论文报告集．昆明：云南教育出版社，26～33

王洁如，龙春林．1995．基诺族传统食用植物的民族植物学研究．云南植物研究，17（2）：161～168
裴盛基．1986．用民族生态学的观点初探滇南热带地区的轮歇栽培．热带植物研究，29～30：1～7
禹平华，许再富，黄玉林．1982．西双版纳民族用材研究．见：中国科学院西双版纳热带植物园（主编）．热带植物研究论文报告集．昆明：云南人民出版社，108～115
禹平华，许再富，黄玉林．1985．西双版纳傣寨栽培植物的调查研究．云南植物研究，7（2）：169～186
赵世望，周兆奎．1985．傣医传统方药志．昆明：云南民族出版社
许再富，黄玉林．1991．西双版纳傣族植物命名与分类系统研究．云南植物研究，13（4）：383～390
许再富，刘宏茂．1995．西双版纳傣族贝叶文化与植物多样性保护．生物多样性，3（3）：174～179
李延辉，裴盛基，赵世望．西双版纳植物名录．昆明：云南民族出版社，1984
马克平．1996．生物群落多样性的测度方法Ⅰ：α多样性的测度方法．生物多样性，2（3）：162～168
贺金生，陈伟烈．1997．陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征．生态学报，17（1）：91～99
刘宏茂，许再富．1996．云南热带雨林生态系统退化机制及修复途径初探．热带植物植物研究论文报告集（四）．昆明：云南大学出版社，31～35
刘玉成，缪世利，杜道林．1991．四川缙云山常绿阔叶林次生演替及其物种多样性的影响．武汉植物学研究，11（4）：327～336
高贤明，黄建辉，万师强等．1991．秦岭太白山弃耕地植物群落演替的生态学研究Ⅰ演替系列的群落α多样性特征．生态学报，17（6）：619～625
温远光．1998．常绿阔叶林退化生态系统恢复过程物种多样性的发展趋势与速率．广西农业大学学报，17（2）：93～106
余作岳，彭少麟（主编）．1997．热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究．广州：广东科技出版社
汪汇海．1983．热带雨林土壤的基本特征与西双版纳的合理开发．热带植物研究；23：1～12
肖文祥，肖来云，马信祥．1993．西双版纳野生植物的物侯期与少数民族的“食文化”．中国野生植物，2：37～42
《热区骡马代用饲料图谱》编写组．1981．热区骡马代用饲料图谱．北京：科学出版社
西双版纳自然保护区综合考察团．1987．西双版纳自然保护区综合考察报告集．昆明：云南科技出版社
Katherine Waner. 1991. Shifting cultivators, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
Sandra Brown and Ariel E. Lugo. 1994, Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. Restoration Ecology, 2（2）：97～111

附:大卡老寨轮歇地主要民间利用植物名录**

中文名	学名	当地名	分布		利用部位	主要用途	生活型
			耕种轮歇系统				
金合欢	*Acacia farnesiana*			√	花	香料	灌木
光叶合欢	*Albizia lucidior*	ka sa		√	木材	用材	乔木
石栗	*Aleurites moluccana*	ha tong me nu me ha		√	种子、叶、木材	药用,用材	乔木
魔芋	*Amorphophallus konjoc*		√		球茎	食用	草本
红椆	*Anneslea fragrans*	xi sha		√	根、树皮、木材	药用,用材	乔木
花生*	*Arachis hypogaea*		√		果	食用	草本
艾纳香	*Blumea balsamifera*	o sa la ma	√	√	全株	药用	灌木
叶子花	*Bougainvillea glabra*	mui bui la ma		√	花	观赏,药用	灌木
木豆	*Cajanus cajan*	ha ma jia ha		√	种子、叶、根	食用,饲料、药用	灌木
紫珠	*Callicarpa bodinieri*	sa ang		√	全株	药用	灌木
铁屎米	*Canthium parvifoliam*	ha da	√	√	幼枝、根	药用	乔木
滇南溪桫	*Chusocheton siamensis*	bu nu		√	木材	用材	乔木
勐腊铁线莲	*Clematis menglaensis*	da o		√	全株	药用	藤本
臭牡丹	*Clerodendrum bungei*	buo luo chi		√	根、叶、花	药用	灌木
闭鞘姜	*Costus speciosus*	me guang		√	根	药用	草本
革命菜	*Crassocephalum crepidioides*	guan dong wei niu	√	√	叶	饲料	草本
黄牛木	*Cratoxylon cochichinensis*	bu xu	√	√	木材	薪材,用材	乔木
苦丁茶	*Cratoxylon formosum*	su qie su lu	√	√	叶、木材	药用,用材	乔木
黑黄檀	*Dalbergia fusca* var. *enneandra*	sa la		√	木材	用材	乔木
鱼眼草	*Dichrocephala integrifolia*		√		全株	药用	草本
马唐	*Digitaria ciliaris*	mi zi bo zi zi ma		√	全株	饲料,药用	草本
光叶薯蓣	*Dioscorea glabra*	a te mu ha		√	块根	药用	藤本
滇印杜英	*Elaeocarpus varunua*		√		木材	用材	乔木
三桠苦	*Euodia lepta*	Sa qian we		√	全株	药用	灌木
飞扬草	*Euphorbia hirta*	pa be ya mo		√	全株	药用	草本
粗毛榕	*Ficus hirta*	le gu ne le		√	根	药用	灌木
青果榕	*Ficus variegata*	bu bu su ha		√	果	食用	乔木
山李子	*Flacourtia ramontchii*	a pui		√	树皮、种子,木材、果	药用,用材,水果	乔木
大叶千斤拔	*Flemingia macrophylla*	ni ha qi ni		√	根	药用	灌木
白饭树	*Flueggea virosa*	nu za		√	根、枝叶	药用	灌木
算盘子	*Glochidion puberum*	a sa a na		√	全株	药用	灌木
黄豆*	*Glycine max*		√		种子	食用	草本
陆地棉*	*Gossypium hirsutum*		√		果	纺织品	草本

（续）

中文名	学 名	当 地 名	分 布		利用部位	主要用途	生活型
			耕种轮歇系统				
西南扁担杆	*Grewia henryi*		√		茎皮纤维、根	代麻，药用	灌木
姜花	*Hedychium coronarium*			√	花	香料，观赏	草本
耳草	*Hedyotis auricularia*	ye zi		√	全株	药用	草本
山芝麻	*Helicteres angustifolia*	bui xi xi sa	√	√	茎皮纤维、全株	代麻，药用	草本
橡胶*	*Hevea brasiliensis*		√		树汁	胶	乔木
光叶天料木	*Homalium laoticum*	qi xui ha		√	木材	用材	乔木
华南石栎	*Lithocarpus fenestratus*	zi pia		√	种子、木材	食用，用材	乔木
潺槁木姜子	*Litsea glutinosa*	ju bu ne ne		√	根皮、叶	药用	藤本
海金沙	*Lygodium japonicum*		√	√	全株	药用	草本
红梗润楠	*Machilus rufipes*	bi ba ba ha		√	木材	用材	乔木
中平树	*Macranga derticulata*	long pia pia guo		√	根、树皮、木材，叶	药用，薪材、用材，饲料	乔木
毛果桐	*Mallotus barbatus*	long pia pia sa		√	根、叶	药用	乔木
白背桐	*Mallotus paniculatus*	pa pei jie		√	茎皮纤维根、叶	代麻，药用	乔木
包疮叶	*Measa indica*	jia mang		√	全株	药用	灌木
川楝	*Melia toosanden*	chi mia mia ha		√	根、茎、果、木材	药用，用材	乔木
窄序崖豆	*Millettia leptobotrya*	ne		√	木材、根、叶	用材，药用，饲料	乔木
厚果崖豆	*Millettia pachycarpa*	a me ke	√	√	果	药用	藤本
红毛玉叶金花	*Mussaenda hossei*	nong ne men		√	根、叶	药用	灌木
玉叶金花	*Mussaenda simpliciloba*			√	藤	药用	藤本
千张纸	*Oroxylum indicum*			√	果，花、种子、树皮	食用，观赏，药用	乔木
旱谷*	*Oryza sativa*		√		种子	食用	草本
山白兰	*Paramichelia baillonii*	pong long		√	木材、种子	用材及寿木，药用	乔木
西番莲*	*Passiflora edulis*		√		果	饮料	藤本
细柱西番莲	*Passiflora gracilis*			√	全株	药用	藤本
细圆藤	*Pericampylus glauca*	ne ju qi ni		√	藤	药用	藤本
披针叶楠	*Phoebe lanceolata*	pou zhi zhi su		√	木材	用材	乔木
余甘子	*Phyllanthus emblica*	qi ca	√	√	果、全株	水果，调料，药用	乔木
落萼叶下珠	*Phyllanthus flexuosus*	xi qia		√	根	药用	灌木
叶下珠	*Phyllanthus urinaria*			√	全株	药用	草本
猴耳环	*Pithecellobium clypearia*	mia sha		√	根	药用	乔木
盐肤木	*Rhus chinensis*	xi ma		√	根、叶	药用	乔木
粗叶莓	*Rubus alceaefolius*	nu pe le o		√	果、根	食用，药用	灌木
黄花稔	*Sida acuta*		√		茎皮纤维、根、叶、全株	代麻，药用，作扫帚	草本

（续）

中文名	学名	当地名	分布		利用部位	主要用途	生活型
			耕种轮	歇系统			
拔毒散	*Sida szechuensis*	huo pi o duo	√	√	全株	药用	草本
菝葜	*Smilax china*	kou que luo ha		√	根、茎	药用	藤本
野茄	*Solanum coagulen*	xi ha la gou	√	√	果、根、叶	食用、药用	灌木
刺天茄	*Solanum indicum*	he bu		√	根	药用	灌木
假烟叶树	*Solanum verbacifolium*		√		叶、全株	洗碗、火药填料、药用	灌木
蜜花豆	*Spatholobus suberectus*			√	根、藤	药用	藤本
多瓣蒲桃	*Syzygium polypetaloideum*	a wu		√	木材	用材	乔木
思茅蒲桃	*Syzygium szemaoense*	a wong de		√	果、木材	水果、用材	乔木
芦叶棕	*Thysanolaena maxima*			√	根、花序、干	药用、作扫帚、围篱笆	草本
山黄麻	*Trema orientalis*	nuo tuo		√	木材、根、叶	薪材、用材、药用、饲料	乔木
地桃花	*Urena lobatali*	zi ga zi duo	√	√	茎皮纤维、全株	代麻、药用	草本
大叶斑鸠菊	*Vernonia volkameriaefolia*	song ang		√	根、茎、叶	药用	乔木

* 为栽培植物。　* * 本名录共记载高等植物 38 科 63 属 78 种，植物按字母顺序排列。

PLANT DIVERSITY AND FOLK USE PLANTS OF SWIDDEN AGROECOSYSTEM OF TROPICAL MOUNTAIN

Fu Yongneng, Chen Aiguo, liu Zhiqiu, Cui Jingyun

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Mengla, Yunnan 666303)

The plant diversity and folk utilizable plants of swidden agroecosystems in Daka, Xishuangbanna were described in this paper. The result shows that species richness index differs from 2 to 9.5 in different subsystems of swidden agroecosystem. There are 79 kinds of folk utilizable plants of swidden agroecosystem that belong to 38 families and 64 genera. Correspondingly, most of them belong to Euphorbiaceae, Papilionaceae, Rubiaceae, Malvaceae and Compositae. At last a list of folk utilizable plants found in sampling plots is presented.

Key words: Swidden agroecosystem, Species richness index, Folk utilizable plants

生物多样性编目和监测的进展*

贺金生　马克平

（中国科学院植物研究所，北京 100093）

摘要　生物多样性编目是指对基因、个体、种群、物种、生境、群落、生态系统、景观或它们的组成成分等实体进行调查、分类、排序、数量化和制图，并对这些信息进行分析或综合的过程；生物多样性监测是随着时间和空间的变化对生物多样性的反复编目，它所反映的是生物多样性的变化。本文对编目和监测的意义、程序、原则、理论基础和方法进行了介绍，同时综述了该领域的进展。随着科技的发展，一些新技术如 3S 技术和 GAP 分析方法在生态系统和景观编目方面得到了较广泛的应用。

关键词　生物多样性　编目　监测

随着全球范围对人类活动引起的生物多样性丧失的广泛认识，生物多样性保护已深入人心。一些国际公约，如《生物多样性公约》和《二十一世纪议程》，都要求缔约国对其生物多样性进行编目和监测（Heywood，1995；陈灵芝等，1997）。由国际生物学联盟（IUBS）、联合国教科文组织（UNESCO）和国际地圈—生物圈计划（IGBP）等国际组织共同参与的国际生物多样性科学项目 DIVERSITAS 把“生物多样性的编目与分类”、“生物多样性的监测”作为 5 个核心内容（Core Program Elements）中的 2 个（陈灵芝等，1997）。生物多样性研究在很大程度上依赖于编目和监测的结果，而这是一项任务繁重的工作。因此，随着对生物多样性的深入研究，编目和监测显得尤为重要。本章将从生物多样性编目和监测的概念和意义、程序与原则、理论基础和方法以及进展等方面对生物多样性的编目和监测进行讨论。

1　编目和监测的概念及意义

1.1　编目和监测的概念

生物多样性编目（Inventory）是指对基因、个体、种群、物种、生境、群落、生态系统、景观或它们的组成成分等实体（Entity）进行调查、分类、排序、数量化和制图，并对这些信息进行分析或综合的过程（Heywood，1995）。编目的结果不仅仅是一个包含种名及其数量的一个名录，也包括它们在系统学、生态学、生物地理及管理方面的广泛应用。因此，生物多样性编目尽管与分类学关系极为密切，但不能认为编目就是分类。实际上分类只是编目在物

* 国家自然科学基金“九五”重大项目（39893360）资助，陈灵芝先生审阅了全文并提出宝贵意见，陈伟烈先生提出重要参考意见，特此致谢。

种水平上的部分内容。

生物多样性监测(Monitoring)是指为确定与预期标准相一致或相背离的程度而对生物多样性进行的定期或不定期的监视(Surveillance)(Hellawell, 1991)。Goldsmish(1991)则定义监测是在一定的目的下为反映某个或多个特定参数的变化而进行的活动。从本质看，生物多样性监测是随着时间和空间的变化对生物多样性的反复编目，它所反映的是生物多样性的变化。

编目解决的是一些基础科学问题，如生物多样性的格局，物种多样性与环境的关系，而监测反映的是变化，它对生物多样性的管理提供依据，如对某一地区的保护措施是否有效，某特定物种是否解除濒危状态等。

由于生物多样性编目和监测的密切关系，以及它们在方法上的相似性，本文把编目和监测一并来讨论。

1.2 不同层次上的编目和监测

习惯上认为生物多样性由3个层次组成，即遗传多样性、有机体多样性、生态多样性(马克平，1993)，也应该加上文化多样性(Heywood, 1997)。图1提供了一个非常实用的框架，生物多样性的编目和监测也就在这3个层次的各自等级上进行。有时因为目的的不同，可能重点突出某一个等级。从表1可以看出种群(分类学上称为居群)是3个层次的组分，但无论在哪个层次上它都是最难操作的(Heywood, 1997)。

生态多样性	遗传多样性	有机体多样性
(Ecological diversity)	(Genetic diversity)	(Organismal diversity)
生物群区(biomes)	群体(populations)	界(kindoms)
生物区(bioregions)	个体(individuals)	门(phyla)
景观(landscapes)	染色体(chromosomes)	科(families)
生态系统(ecosystems)	基因(genes)	属(genera)
生境(habitats)	核苷酸(nucleotides)	种(species)
生态位(niche)		亚种(subspecies)
种群(populations)		居群(populations)
		个体(individuals)

文化多样性(Cultural diversity)：人类与生物多样性各个层次的相互作用

图1 生物多样性的组成及层次(参照Heywood, 1995)

物种多样性的编目和监测是生物多样性三个层次中最容易理解和操作的一个层次。通常用一定区域内物种的总和作为该区域物种多样性的度量(贺金生等，1997)。地球上已描述的生物种类约为175万种，而估计的物种总数在363.5万～11095.5万种之间(Hammond, 1995)，一些物种在人类还未认识之前就可能已经灭绝了(Raven & Wilson, 1992)。现在面临的事实是编目和监测多倾向于那些已知或认为可能对人类有价值或危害的物种，对一些类群如病毒、细菌、真菌、原生动物、藻类及线虫等还所知甚少(Heywood, 1997)。物种多样性的编目和监测任务仍很艰巨。

生态多样性的编目和监测一般在生态系统和景观水平上进行，这样做的优点是容易记录和操作，容易监测人类活动引起的生态系统和景观的变化趋势，并且在生物多样性保护和持

续利用等方面有重要意义。但生态系统和景观不象物种那样有普遍接收的较严格的等级系统，也没有像“物种”那样的等级单元，这给编目和监测带来了较大的困难。尽管已经有多个全球陆地生物群区(Biome)、生态系统类型的分类系统，如Cox & Moore (1993)、Bailey & Hogg (1986)、Olsen *et al*. (1983)、Udvardy (1975) 及Holdridge 的生命地带系统 (1967)，但都是根据气候变量预测地带性顶极植被类型的分布情况，而人类活动已经改变了地带性植被的格局。生态系统和景观编目的困难还在于它们是处于明显的动态变化过程之中，这就要求编目要反复进行才能反映真实情况，这就是所谓的生态系统和景观多样性的监测。

遗传多样性的编目和监测是生物多样性的3个层次中最薄弱的，这很大程度上是由于缺乏普遍接受的和快速有效的监测手段 (Heywood，1997)。对大多数物种来说，遗传变化的程度是不清楚的 (葛颂，1997；胡志昂等，1997)。遗传多样性的研究也局限在那些家养动植物及其野生近缘种、珍稀濒危物种及农业和工业微生物(FAO,1996)。农业生物多样性(Agrobiodiversity)这个词用来指可以用在农业及食品生产方面的生物多样性组分 (Component of biodiversity)。FAO (1996) 对全球农业生物多样性中的植物遗传资源的现状进行了评述，覆盖了全球154个国家 (FAO，1996)。尽管对大多数物种的遗传多样性知之甚少，但由于人类活动的影响，也存在着严重的遗传丧失(Genetic erosion)，尤其是农业生物多样性的丧失(Boyle & Lenne，1997)。因此对遗传多样性，特别是农业遗传多样性的监测显得非常重要。

1.3 编目和监测的意义

生物多样性编目和监测最主要的目的是为管理者服务 (IUCN，1995)，为他们在保护生物多样性、制定土地利用规划、评价环境影响等问题上提供必要的信息。根据联合国可持续发展委员会(Committee of Sustainable Development，CSD) 关于可持续发展指标的压力一状态一响应模式，生物多样性监测必须回答如下问题 (Stork *et al*.，1995)：第一，所监测的目标面临何种压力？这些压力处于何种程度？第二，哪些影响生物多样性的因素正在改变或已经改变？第三，为管理某一监测目标 (物种、种群、生态系统) 的政策是否起作用？同时，生物多样性的编目和监测提供了最基本而又最重要的生物学信息，它可应用于一些基础学科，如系统学、生态学、行为生物学等领域；也可应用与一些应用学科，如生物技术、土壤学、农学、林学、渔业、保护生物学及环境科学等方面 (Heywood，1995)。具体来说，这些生物学信息可用于以下几个方面 (NRC，1993；Bridgewater，1996)：

* 为认识了解我们所生存的世界而进行的科学研究提供科学基础；
* 为现在和将来满足人类需要提供选择的机会；
* 为近期和长期的发展规划、政策制定及决策者服务；

在以下几个方面，生物多样性的编目和监测也是非常重要的：

* 为生物多样性保护提供科学信息；
* 为自然资源的持续管理提供科学依据；
* 从野生资源中鉴定选择有经济价值的物种及产品；
* 通过从野生资源中筛选鉴定有价值的变异或新种来维持或提高农田生态系统的生产力；
* 通过鉴定对人类有害或有益的有机体来提高人类的健康水平；
* 通过了解生态系统的过程来维持对人类生存具有重要意义的生态系统服务功能；
* 确定人类活动对生物多样性的影响以便采取措施减少对环境的危害；

* 认识气候变化及其他形式的自然环境变化的作用和可能影响；
* 认识生物多样性的美学价值来保持人类的生存质量。

2 编目和监测的程序与原则

生物多样性编目和监测的程序包括项目设计、资料收集、野外调查、鉴定、数据库的建立及数据分析。由于编目和监测在不同时间、空间尺度上进行，因此编目和监测因对象、所需的结果以及所采用的手段不同而不同。长期的项目可能需要很多年，或者几十年。但它无疑能反映出生物多样性是否已经得到了有效保护。空间尺度包括地方、地区和全球性的编目和监测（Heywood，1995）。地方性的编目和监测由当地的资源及需要而定，如对保护区、湖泊、湿地、农田、人工林、河口和海岸线内生态系统或生境进行编目和监测；地区性编目和监测包括对一个或多个生态系统、大型河流、海湾和大型海洋生态系统编目和监测；全球性的编目和监测建立在前二者的基础上，采取广泛布点与定向观测相结合的方法（Heywood，1995）。

在进行项目设计时，最重要的原则是要把所采取的方法和目标联系起来。现在编目和监测有很多技术和取样方法，如 UNEP（1986）、Goldsmith（1991）、Spellerberg（1991）、Heyer *et al*.（1994）、Paivinen *et al*.（1994）及 Gimaret－Carpentier *et al*.（1998）。它们从不同的目的、不同的方面和不同的生态系统类型阐述了编目和监测的方法和技术。当研究具体问题时，这些方法可能根据实际情况进行一些修正，但是一定要考虑到和其他类似的研究进行对比和交流的可能性，即使现在还没有这方面的计划和设想。如果能和其他地区或其他时间的结果相比较，就大大提高了编目和监测的价值。相反如果方法不标准，也就失去了编目和监测的真正意义。

项目设计的第二个原则是要考虑到数据处理的统计方法。编目和监测数据，有一些是定性数据，如象稀少、常见和丰富，有一些是定量数据，如密度和盖度等。定性数据虽然简单和容易获得，但不适合作为监测数据，也不适合统计分析（Paivinen *et al*.，1994）。在取样调查时，也要考虑到样方大小、取样强度及取样方式。在进行编目和监测之前，要认真查阅一些国内外同类工作的标准和方法，如 Paivinen *et al*.（1994），Schreuder *et al*.（1993）及 Dallmeier 和 Comiskey（1998）等文献。

项目设计的第三个原则是选择好一些基本数据（Baseline data）作为编目和监测数据，这是项目成功与否的关键（Heywood，1995）。这包括生物数据（Biotic data）、非生物数据（Abiotic data）及与人类活动有关的数据（Human-related data）。

生物多样性编目和监测是需要巨大的人力和经济投入，因此在编目和监测过程中要充分利用已有的数据。这要尽可能收集和利用有关区域和类群的已发表和未发表的资料，包括各类分类学论文、专著、地方志、采集记录、标本鉴定记录、动植物贸易记录和个人交流资料等，充分利用标本馆和博物馆，从中可以得到某一方面的资料。这些资料本身具有历史价值，可以知道物种的兴衰，对一些方面如外来种等，具有监测价值（New，1994）。

3 生物多样性编目和监测的理论基础和方法

生物多样性表现在从基因到生态系统的不同层次上，它们在编目和监测的理论和方法上

差异很大。下面将根据常见的层次分别论述。

3.1 遗传多样性的编目和监测

遗传多样性主要是指种内不同群体之间或同一群体内不同个体的遗传变异的总和（施立明等，1993）。目前监测遗传多样性的方法主要有以形态学性状为主的表型分析和分子水平的监测（葛颂，1997；胡志昂等，1994；潘莹等，1998；Parker *et al*. 1998；Heywood，1995；）。分子水平上监测遗传多样性的方法很多，包括等位酶（Allozyme）分析、限制性片断长度多态性（RFLP）分析、随机扩增多态DNA（RAPD）分析和DNA序列分析等（葛颂，1994；胡志昂等，1994；Avise，1994）。Templeton（1995）及Parker *et al*.（1998）对监测遗传多样性的方法进行了评述。

实际上，所有遗传多样性编目涉及的都是监测遗传变型（Genetic variants），定性定量调查它们在物种内或居群内的分布情况（Avise，1994）。首先也是从采样开始，这一点和物种编目相似。对于植物样品来说也需要采集凭证标本，而对于动物来说，样品可能是血液，这就需要其他方式来进行确证，如照相、测量和描述等。

根据文献Hillis & Moritz（1990）、Baverstock & Moritz（1990）、Avise（1994）、Heywood（1995）、Templeton（1995）及黄宏文（1998）可以把遗传多样性编目的内容及应用大致综合为：

居群内个体间：①居群内遗传变异的大小；②居群内个体间的血统关系；③居群内的交配制度；④居群内是否存在近亲交配以及怀疑近交衰退（Inbreeding depression）的理由；⑤个体性别不均（Sex-biased）扩散的遗传效应；⑥具有迁移特性的个体的地理起源。

居群和物种：①一个物种内是否存在在遗传方面具有明显特征的进化谱系（Genetically distinct evolutionary lineages）；②居群间遗传分化的程度如何；③生物地理与遗传分化的关系；④居群间基因流（Gene flow）程度如何。

不同物种间的比较：①物种间系统发育的关系；②物种间遗传分化的程度；③关系密切的物种之间个体或居群是否可以明显区分；④物种间分化的相对年代。

由于研究方法和监测手段的原因，遗传多样性的研究主要集中在具有重要经济价值和保护价值的物种及群落的优势种，如大熊猫（*Ailuropoda melanoleuca*）、金丝猴（*Rhinopithecus* sp.）、长臂猿（*Hylobates* sp.）、牛（*Box* sp.）、马（*Equus caballus*）、猪（*Sus* sp.）、鸡（*Gallus domestica*）、野生大豆（*Glycine soja*）、野生稻（*Oryza* sp.）、野生燕麦（*Elytrigia* sp.）、银杉（*Cathaya argyrophylla*）、辽东栎（*Quercus wutaishanica*）等（胡志昂等，1997；谭光轩等，1998）。我国在大熊猫遗传多样性的研究方面达到了国际水平，蛋白质电泳结果表明，大熊猫群体杂合度很低，提示群体内可能存在严重的近交。DNA分析结构也进一步证明大熊猫的遗传多样性程度十分低下，这可能是其难以适应外界影响从而衰退致危的重要原因（张亚平等，1997）。

很多人类活动对种群的基因一代一代相传的过程产生影响，这主要通过对遗传多样性的改变（通常是降低）或对特异等位基因频率的改变产生作用，前者主要是由于种群大小降低、迁移和重组的增加造成的，后者主要是系统选择压力造成的（Brown，1992）。一些人类赖以生存的家养动植物也面临这样的危机。因此对具有重要经济价值的物种及其野生近缘种进行遗传多样性编目和监测，是当前遗传多样性研究的重要内容（Maxted *et al*.，1997）。

3.2 物种多样性的编目和监测

物种多样性是指生物多样性在物种水平上的表现形式（贺金生等，1997），但是在实际操作和运用过程中，它包含的内容非常丰富。物种多样性的编目和监测既包括一定区域内所有物种（从病毒到大树）的编目和监测，即全物种生物多样性编目（All Taxa Biodiversity Inventory，ATBI）（Janzen & Hallwachs，1994），也包括对一些关键种、外来种、指示种、重点保护种等的编目和监测，因此本文参照 Heywood（1995）的方法，划分为单一物种和多类群的编目和监测。在种群水平上的编目和监测也作为物种多样性编目和监测的内容。

3.2.1 种群的编目和监测

种群水平上的编目和监测，对保护生物多样性，特别是在追踪濒危物种的变化方面具有重要意义。在 IUCN 的红色名录（Red List Categories）（IUCN，1994）中，种群状态和种群下降率（Rate of decline）是作为极危（Critically endangered）、濒危（Endangered）和易危（Vulnerable）分类的重要指标之一。种群动态信息也是对小种群进行最小存活种群（Minimum Viable Population，MVP）和种群生存力分析（Population Viability Analysis，PVA）的重要依据。

种群的编目和监测包括二方面的内容：一是指在特定时间和特定地方种群的内禀增长速率、平衡（Population equilibrium）时的种群大小、不同年龄和性别的个体的结构，这是种群编目的内容；二是指随着时间和空间种群的动态变化，包括出生率、死亡率、迁入、迁出及基因频率（Gene frequencies）的变化等，这是种群监测的内容。

种群编目和监测的方法随着研究目的及所研究种群的生物学特性不同而差异较大，不同类群有不同的调查方法，如鸟类可参照 Koskimies & Vaisanen（1986）和 Bibby *et al.*（1992），两栖类可参照 Heyer *et al.*（1994），植物可参照 Kershaw（1973）、Greig－Smith（1983）、Austin（1998）及 Dallmeier 和 Comiskey（1998）等文献。这些都是比较经典的文献，虽然近年来研究进展非常快，但调查方法都还是经典方法。

相对动物来说，植物是静止不动的，因此调查方法比较简单。对于动物而言，就需要一些比较特殊的方法，如标记－重新俘获法（Mark－recapture）、无线电跟踪法（Radio track）、现场制图(Spot mapping)、固定地点统计(Point counts)以及样带法(Transects)等(Heywood，1995)。在现场制图调查中，比较成功的例子是始于 1962 年的“不列颠常见鸟类监测”计划，通过各地自愿者每年定点报告的观察到鸟类的情况，对英国陆地繁育的鸟类的种群动态进行了研究（Baillie，1991）。

3.2.2 单一物种（Single－species）编目和监测的方法

这主要是指对重点物种，如关键种、外来种、指示种、重点保护种、群落的建群种或有代表性的物种的编目和监测。已经有一些文献对定义及研究方法进行了讨论(韩兴国等，1995；New，1994；di Castri *et al.*，1990)。单一物种和多类群在编目和监测的方法上有一定的区别，并且不同类型的物种强调的内容也不相同。

关键种（Keystone species）：鉴定生态系统的关键种，研究它们在生态系统中的作用。随着人类活动对生态系统的影响，监测它们作用的动态变化。

外来种（Exotic species）：鉴定各种生态系统（自然生态系统和受人类活动影响的生态系统）的外来种，监测它们的扩散及对当地生态系统的影响。用 GIS 根据气候资料确定它们的适宜生境，预测它们可能扩散的地区。

保护物种（Conservation－focus species）：对濒危种、对人类有特殊价值的物种、典型生态系统的建群种或代表性物种的编目和监测，一直是人们感兴趣的研究课题（Heywood，1995）。有很多研究案例及监测计划和项目涉及到这个方面（Soule，1986；Palmer，1987；Kesseli，1992；Cropper，1993；Giver，1994）。

指示种（Indicator species）：一些物种可以敏感地反映环境的质量和变化，也可以指示群落的物种组成，可以认为它们是生物多样性的指示种（Noss，1990；Brown，1991）。对这些物种的分布、丰富度、种群的结构和动态进行编目和监测是非常重要的，因为它们本身就可以指示生物多样性的状况。但是指示物种的选择依赖于所研究的目的，两栖动物、软体动物、鸟类、真菌、珊瑚及一些植物物种在不同情况下可以作为指示物种（Spellerberg，1992；Heywood，1995）。Pearson（1995）认为理想的生物多样性指示种或类群应该具有七个条件：第一，系统位置稳定，分类学上认识全面；第二，生物学和生活史清楚；第三，容易调查和操作；第四，地理分布较广，生态幅较宽；第五，低的分类学特征分化，对生境变化敏感；第六，它的多样性格局反映其他相关或不相关类群的多样性格局；第七，具有潜在经济价值。如Ruokolainen *et al.*（1997）发现，在对亚马逊流域用蕨类植物及野牡丹科（Melastomataceae）植物作为指示种度量不同地点植物区系相似性时，和用乔木树种来度量这些相似性，它们之间存在者非常好的相关性，相关系数达0.8（Mantel 检验，<0.001）。Tuomisto（1998）用蕨类植物作为指示种，结合卫星图象，对亚马逊流域的植物多样性格局进行了研究，得到了比较满意的效果。用指示种进行生物多样性编目越来越受到重视（Lawton *et al.*，1998）。

3.2.3 多类群（Multiple-taxa）编目和监测的方法

多类群物种多样性的编目和监测对深入了解区域性的生物多样性状况具有重要意义。现在很多生物多样性编目和监测的项目，都不是在全物种水平上而是在多类群水平上进行的，这是由于一方面缺乏相应的资金，另一方面缺乏一些类群的分类学家。多类群编目和监测可以分为两种方法，即研究地点或区域的深入编目（Intensive site or region inventory）及生物多样性的快速编目（Rapid inventories）（Heywood，1995）或生物多样性快速评估（Rapid Biodiversity Assessments，RBAs）（Beattie & Oliver，1994）。

深入编目 很多编目和监测是针对一个地点或地区的，编制该地区或地点的动植物名录是编目的一项重要内容。由于现在重新进行大规模的综合考察受到种种限制，因此只能进行小规模的补充调查，这就要求我们尽可能的利用已有的资料，或发现更好的办法把已有的资料转化成可以利用的信息（Austin，1998）。各个地方的标本馆馆藏的标本是进行编目的最重要的依据，但是标本馆记录存在一些缺点（Austin，1998）：第一，标本记录只记录了该地区存在的物种，而没有不存在的信息，即是没有记录也不一定不存在；第二，地点记录往往不甚详细；第三，标本采集地其他物种存在情况以及环境变量往往不详细；第四，偏远地区标本采集地往往局限在道路周围，地点分布非常不均衡。针对这种情况，有科学家利用GIS发展了一种克服这些缺陷的方法，如BIOMAP（Hutchinson *et al.*，1997）。它的设计原理是利用地表已有的气象资料，建立气候变量与经度、纬度和海拔高度的数学模型。根据某一类群标本的地理分布，计算其气候变量的范围（气候轮廓 Climate profile）。据此，推测该类群的可能分布（Potential occurrence）。该方法在澳大利亚桉树林的研究中有成功的运用（Austin，1998）。

由于标本采集的时间差异非常大，一些定名也会随着研究的深入而发生变化。因此，正

确核对植物的种名也是至关重要的。表 1 提供了一个各生物类群种名索引的工具书书目。

快速编目 传统的生物多样性编目需要广泛的取样以及凭证标本的采集，这需要较长的时间。近年由于确定生物多样性优先保护地区的需要，人们开始研究快速编目在实际工作中的应用，目的就是对那些多样性状况不太清楚的地区迅速收集、分析和交流多样性信息（Lawton *et al*. 1998）。这主要应用于区域评估及特定类群物种数目的估计。前面提到的应用对生物多样性具有指示作用的指示种进行编目和评估，就是快速编目的一种形式。

对于特定地区的特定类群（如真菌和病毒）来说，要知道它的全部物种数目是不现实的，但是可以间接的或近似的对它进行估计。如 Guzman（1998）根据三种办法对墨西哥的真菌种类进行了估计：第一，真菌依赖的维管植物、动物及腐生物种（Saprobic species）的种数；第二，根据英国真菌的数目外推到墨西哥，认为英国真菌的研究在世界上是最深入的；第三，根据墨西哥真菌研究最深入的 Veracruz 州的真菌数目外推到其他地区。三种方法平均得到墨西哥的真菌数目约为 20 万种。

物种多样性的快速编目也常用偶遇法（Visual Encounter Surveys，VESs）。Crump & Scott（1994）对这一方法的假设和方法进行了详细的论述。同样，这一方法的应用也受调查路线及调查人员的业务水平的限制。在群落水平上的快速编目，主要采取各种快速取样手段，如样带法（Strip transects）、可变面积样带法（Variable－area transects）等（Stern，1998）。快速评估中的群落物种数目估计，有基于理论抽样的方法和数据分析的统计方法（刘灿然等，1997），其中以后者中的种－面积曲线外推法最为常用。

表 1 主要类群的种名索引（参照 Heywood，1995）

藻类（包括 Cyanobacteria）'

Dawson，E. Y.（1962）New taxa of Benthic Green，Brown and Red Algae，published since De Toni. Beaudette Foundation，Santa Yuez，California

De Toni，J. B.（1889－1924）Sylloge Algarum. 6 vols. Pavia

Drouet，F. and Daily，W. A.（1956）Revision of the coccoid Myxophyceae. Botanical Studies from Butler University 12，1－218

Vanlangingham，S. L.（1967）Catalogue of the Fossil and Resent Genera and Species of Diatoms and their Synonyms. J. Cramer，Lehre and Vaduz

细菌（不包括 Cyanobacteria）

International Journal of Systematic Bacteriology（1980 on）

Skerman，V. D. B.，McGowan，V. and Sneath，P. H. A.（1989）Approved Lists of Bacterial Names. Amended edition. American Society for Microbiology，Washington，D. C.

苔藓植物（Anthocerotes，mosses，liverworts，etc.）

Bonner，C. E. B.（1962 on）. Index Hepaticarum. J. Cramer，Weinheim

van der Wijk，R. Margadant，W. D. and Florsch（tz，P. A.（1959～1969）Index Muscorum. Utrecht，Netherlands

有花植物和蕨类

Christensen，C.（1906～1965）Index Filicum. 5 vols. Hagerup，Copenhagen

Jarrett，F. M.（ed.）（1985）Index Filicum Supplementum quintum pro annis 1961～1975. Clarendon Press，Oxford

Index Kewensis（1895 on）2 vols，18 Supplements. Clarendon Press，Oxford

Kew Index（1986 on）[Annual]. Clarendon Press，Oxford

真菌（包括 Lichen－forming fungi，slime moulds，and yeasts）

Deighton, F. C. (1969) A Supplement to Petrak's Lists 1920~1939. [Index of Fungi Supplement]. CAB International, Wallingford
Hawksworth, D. L. (1972) Lichens 1961~1969. [Index of Fungi Supplement]. CAB International, Wallingford
Index of Fungi (1940 on) [Twice-yearly]. CAB International, Wallingford
Kirk, P. M. (1985) Saccardo Omissions. [Index of Fungi Supplement]. CAB International, Wallingford
Lamb, I. M. (1963) Index nominum lichenum inter annos 1932 et 1960 divulgatorum. Ronald Press, New York
Petrak, F. (1930~1944) Verzeichnis der neuen Arten, Variet (ten, Formen, Namen und wichtigsten Synonyme. Just botanischer Jarhbacher 48 (3), 49 (2), 56 (2), 57 (2), 58 (1), 60 (1), 63 (2)
Petrak, F. (1950) Index of Fungi 1936~1939. Commonwealth Mycological Institute, Kew
Saccardo, P. A. (1882~1931, 1972) Sylloge fungorum. 26 vols. Saccardo, Padua
Zahlbruckner, A. (1921~1940) Catalogus lichenum universalis. 10 vols. Borntr (ger, Leizig

病毒

Virus Identification Data Exchange (VIDE). CAB International, Wallingford
Murphy, F. A. Fauquet, C. M. Bishop, D. H. L. Ghabrial, S. A. Jarvis, A. W. Martelli, G. P. Mayo, M. A. and Summers, M. D. (eds) (1995). Virus taxonomy, The Classification and nomenclature of viruses. Archives of Virology, Supplement 10, 1~586

动物

Neave, S. A. (ed.) (1939~1993) Nomenclator Zoologicus. 8 vols. Zoological Society of London, London
Sherborn, C. D. (1902~1933) Index Animalium. 11 vols. British Museum (Natural History), London
Zoological Record (1864 on) [Issued in parts by group]. BIOSIS International, York

3.3 生态系统和景观的编目和监测

编目生态系统和景观类型，监测它们的变化趋势，对认识生态系统过程，了解景观片断化、生境破坏及其他形式干扰的作用，预测它们对全球气候变化的响应，预测某个或几个关键种（或关键的分类单元）的灭绝可能导致的生态学变化，认识植被覆盖与土地利用的变化及其对生物多样性的影响，及生态系统优化管理等方面，都具有重要的作用（Heywood，1995）。

由于研究目的的不同，生态系统和景观尺度的编目和监测在空间尺度上变化很大，有在一个或多个生态系统水平上进行的，也有对保护区及整个海洋生态系统进行的。但无论在哪个尺度上，如何使得取样能够代表整个区域，是编目和监测的关键（Austin，1998）。大范围的植被调查是进行生态系统和景观编目的基础，而这一过程需要较大的人力和财力的投入，尤其是对偏远地区及崎岖山地进行系统或随机取样。随着科技的发展，一些新技术如3S技术和GAP分析方法在生态系统和景观编目方面得到了较广泛的应用（Clark，1988；Scott & Jennings，1998）。

3.3.1 森林生物多样性的编目和监测

由于森林在维持全球碳循环及生物多样性方面的重要作用，目前的重点集中在对各类森林生态系统的编目和监测。由于树木具有寿命长、个体大，年龄及个体特征难以一致等特性，这些特征也就成了人类了解森林动态的障碍。因此编目和监测不仅有助于区域性的生物多样性编目，也可为树木的生长、死亡、更新等动态特征提供长期数据。

传统的森林生物多样性编目，主要是对各种森林系统类型的生境、结构特征、物种组成、优势种种群结构及一些生理生化特征等进行研究，建立相应的数据库。近年主要集中在对复杂的森林生态系统，如热带雨林，通过建立大面积的固定样地，调查它们的结构和动态。Hubbell和Foster等美国生态学家于1980年在巴拿马的Barro Colorado Island建立了一块50hm^2

(1 000m × 500m)的森林生物多样性监测样地进行热带雨林结构和动态的研究(Hubbell, 1998)。这一样地划分为20m × 20m 的样方，样方又进一步划分为5m × 5m 的小样方(Sub-quadrats)。1982年完成了所有胸径大于1cm 的木本植物的胸径测量、树种鉴定及定位图绘制(共计约24万个体，300多种)。1985、1990、1995分别进行了复查，对胸径达到1cm 的更新幼树进行了测量和绘图。这一研究成了森林生物多样性编目和监测的经典之作。

1989年在美国的 Smithsonian 热带研究所(STRI)成立了热带森林科学研究中心(Center for Tropical Forest Science, CTFS)，其目的就是对热带亚洲具有代表性的森林类型进行编目和价值评估，并且建立优化的森林经营模型。他们在 Pasoh (马来西亚)、Huai Kha Khaeng (泰国)、Mudumalai (印度)、Lambir (婆罗洲) 及 Sinharaja (斯里兰卡) 建立了一系列16、25或50hm^2的固定监测样地(Ashton, 1998)。由于这些大面积调查样地的设置，开始了热带林的结构、组成和物种多样性的实证研究。美国 SI/MAB 的生物多样性监测项目，通过国际合作也在巴拿马、巴西、波多黎各、委内瑞拉、印度尼西亚、马来西亚、南非、澳大利亚及中国等地设置了大量1～25hm^2的监测样地 (Dallmeier, 1992)。

热带以外的大面积调查研究很少。温带林的大面积调查样地有美国佐治亚州的长叶松(*Pinus palustris*)林39.4hm^2，美国 Great Smoky Mountain 国家公园50hm^2和 Virgin Island 国家公园50hm^2 (Dallneier, 1992)。在日本已有报道超过1hm^2的有长崎县4hm^2、奈良县13hm^2、京都16hm^2和7.97hm^2、长野县6.25hm^2、茨城县6hm^2、岩手县8.91hm^2，主要集中在松林、针阔混交林和常绿阔叶林等。在我国的台湾省垦丁国家公园建立有3hm^2固定样地，中科院鼎湖山森林生态系统定位研究站、中科院神农架生物多样性定位研究站、中科院北京森林生态系统定位研究站、中科院长白山森林生态系统定位研究站等都设置了大小不等的固定样地。这些固定样地虽然代表的类型和范围很有限，但为热带以外地区提供了很重要的参考。建立生物多样性固定样地以监测生物多样性的动态变化已成为生物多样性研究领域的重点课题之一。

3.3.2 "3S"技术在生态系统和景观编目和监测中的应用

生态系统和景观多样性的许多描述指标，如类型、结构、组成、形状、边界等，不仅可以在地面上进行测定，也可以用各种各样的遥感手段进行更有效的判别。最大限度地从遥感信息中提取植被信息以及相应的生物多样性信息，可以大大减少编目和监测过程中野外调查的时间。

"3S"技术是遥感 (RS)、全球定位系统 (GPS) 和地理信息系统 (GIS) 的总称，它们三者的结合使遥感信息应用到生物多样性的编目和监测成为可能。在编目和监测过程中，3S 技术可以用来进行：第一，直接或间接提取植被类型、各类型的面积、土地利用等信息；第二，对植被、土壤等进行制图；第三，确定野外取样的地点、规模和方法；第四，对编目结果的各种信息进行储存和综合分析；第五，对特定区域进行快速数据更新及监测；第六，对编目和监测信息进行交流。但是，遥感信息只有和野外调查相结合，才能准确地进行解释和反映客观情况。在运用"3S"技术的同时，也要进行野外取样，用来收集从遥感信息中无法得到的数据；为模型建立提供基础；对遥感信息进行校正；对遥感对象进行更准确的评价 (Heywood, 1995)。

遥感的方法很多，可分为被动遥感系统 (Passive remote sensing system) 和主动遥感系统 (Active remote sensing system)。前者指利用遥感对象对太阳光谱反射或自身辐射特性进行的遥感，后者指利用遥感对象对人为施加的某些特定光谱的反射持性进行的遥感。被动的可

分为卫星遥感、航空遥感等，主动的可分为雷达遥感、激光遥感等（Heywood，1995）。在进行植被研究时，多采用卫星遥感图像进行分析，如美国的 Landsat 卫星图像（MSS 分辨率为80m×80m；TM 分辨率为30m×30m，一景185km×185km）、法国 SPOT 卫星图像（分辨率为20m×20m，一景60km×60km）（Keywood，1995；Tuomisto，1998）。

已有很多利用 Landsat TM 卫星图像帮助进行生物多样性编目和监测的成功例子。如 Tuomisto（1998）结合指示种的方法，对秘鲁亚马逊流域的生态系统类型及物种多样性状况进行了研究，得到了前所未有的结果；Steffenson & Wilson（1993）对美国沿太平洋西北部地区的成熟林的类型、分布、结构进行的研究，Platt *et al*.（1993）对美国马克吐温国家森林（Mark Twain National Forest）进行的监测等（Heywood，1995）。也有科学家提出了利用遥感方法进行生物多样性编目和监测的国际合作项目（Stoms & Estes，1993）。

3.3.3　GAP 分析与生态系统和景观的监测

GAP 分析（GAP analysis）是确定保护遗漏区（Conservation gaps）的过程，即确定哪些物种和自然生态系统类型没有在保护地（保护区、森林公园等）得到适当保护的过程（Scott & Jennings，1998）。当前，虽然各国政府为保护和维持全球生物多样性作了很多工作，建立了相应的保护基地，但是仍然存在一些遗漏区。正是这些遗漏区，在未来的发展中最可能成为生物多样性最濒危的地区。因此通过 GAP 分析，可以为生物多样性的保护提供依据。

GAP 分析是从1987年发展起来的技术。当时是为了贯彻在在生境破坏严重的地区实行逐物种（Species－by－species）管理，急需对土著脊椎动物和自然群落的分布及其管理现状的信息进行图示汇总。随着大范围生物多样性各组分的制图成为可能，这一技术也越趋完善。GAP 分析需要一系列数字化的图件：①自然植被、半自然植被类型图（植被类型根据优势种和共优种，若缺乏优势种和共优种，用主要的覆盖特征）；②预测的土著脊椎动物丰富度分布图；③土地所有权，即公共所有、私人保留地（美国）或某一组织（如自然保护区或森林公园）；④已有保护地网络的分布图。对这些图件中的物种、群落类型等的分布叠加和已有的保护地进行比较，找出那些生物多样性高而未得到保护的遗漏区（Scott & Jennings，1998）。

GAP 分析在生态系统和景观的编目和监测中具有重要作用。首先，GAP 分析的一系列图件，本身就是对生物多样性各组分的编目，其次 GAP 分析重要的手段是遥感，可以较迅速的获得数据，这样通过定期的对某一地区进行 GAP 分析，可以对生态系统和景观多样性进行监测，也可以对保护的成效进行评价。已有许多对生物多样性进行 GAP 分析的实例（Ramesh *et al*. 1997）。美国也在实行一个 GAP 分析的国家项目（National Gap Analysis Program，Scott *et al*. 1997，见 http：//www.gap.uidaho.edu），其主要目的是：①对美国现状陆地覆盖类型进行制图，达到群落属（或群系）水平，最小制图单位不大于100hm²；②确定或预计动物物种的地理分布；③确定国家自然保护区系统的保护遗漏点；④每5年或10年更新数据，对保护的效果进行评价；⑤研究开发 GAP 分析应用到生物多样性其他组分（如植物物种）的方法；⑥提高各部门、单位进行生态系统和景观水平上编目、监测、研究、分析及管理和计划的能力；⑦有助于地方、州及联邦政府间数据的传送；⑧对生物多样性的保护和管理提供科学基础。

参考文献

陈灵芝（主编）．1993．中国的生物多样性：现状及其保护对策．北京：科学出版社

陈灵芝，钱迎倩. 1997 . 生物多样性科学前沿. 生态学报，17（6）：565～572

葛颂. 1997 . 遗传多样性. 见：蒋志刚，马克平，韩兴国（主编）. 保护生物学. 杭州：浙江科技出版社，11～19

葛颂. 1994 . 遗传多样性及其检测方法. 见：钱迎倩，马克平（主编）. 生物多样性研究的原理与方法. 北京：中国科学技术出版社，123～140

韩兴国，黄建辉，娄治平. 1995 . 关键种概念在生物多样性保护中的意义与存在的问题. 植物学通报（植物生态学专集），168～184

贺金生，马克平. 1997 . 物种多样性. 见：蒋志刚，马克平，韩兴国（主编）. 保护生物学. 杭州：浙江科学技术出版社，20～33

胡志昂等. 1994 . 研究遗传多样性的基本原理和方法. 见：钱迎倩，马克平（主编）. 生物多样性的原理与方法. 北京：中国科学技术出版社，117～122

胡志昂，张亚平（主编）. 1997 . 中国动植物的遗传多样性. 杭州：浙江科学技术出版社

黄宏文. 1998 . 保育遗传学与植物遗传资源的保育策略. 武汉植物学研究，16（4）：346～358

刘灿然，马克平. 1997 . 生物群落多样性的测度方法：生物群落物种数目的估计方法. 生态学报，17(6)：601～610

马克平. 1993 . 试论生物多样性的概念. 生物多样性，1（1）：20～22

潘莹，赵桂仿. 1998 . 分子水平的遗传多样性及其测量方法. 西北植物学报，18（4）：645～653

施立明，贾旭，胡志昂. 1993 . 遗传多样性. 见：陈灵芝（主编）. 中国的生物多样性－现状及其保护对策. 北京：科学出版社，31～113

谭光轩，盛腊红，何光存，舒理慧. 1998 . 野生稻遗传基础研究的进展. 武汉植物学研究，16（4）：359～365

张亚平，宿兵. 1997. 大熊猫的遗传多样性. 见：胡志昂，张亚平（主编）. 中国动植物的遗传多样性. 杭州：浙江科学技术出版社，7～18

Austin, M. P. 1998 . An ecological perspective on biodiversity investigations: examples from Australian eucalypt forests. Annals of the Missouri Botanical Garden, 85: 2～17

Bailey, R. G. and H. C. Hogg. 1986 . A world ecoregions map for resource reporting. Environmental Conservation, 13: 195～202

Baillie, S. R. 1991 . Monitoring terrestrial breeding bird populations. In: Goldsmith, F. B. (ed.). Monitoring for Conservation and Ecology. London: Chapman and Hall, 112～132

Bibby, C. J., N. D. Burgess and D. A. Hill. 1992 . Bird Census Techniques. New York: Academic Press

Boyle, T. J. B. and J. M. Lenne. 1997 . Defining and meeting needs for information: Agriculture and forestry perspective. In: Hawks, D. L., worth P M Kirk and S. D. Clarke (eds.) . Biodiversity Information, Needs and Options. Wallingford: CAB International Press, 31～53

Bridgewater, P. B. 1996 . Inventory and monitoring for what and for whom? In di Castri, F. & T. Younes (eds.) . Biodiversity, Science and Development, Towards a new partnership. Wallingford: CAB International

Brown, A. H. D. 1992 . Human impact on plant gene pools and sampling for their conservation. Oikos, 63: 109～118

Brown, D. H. 1991. Conservation of newtropical environments: insects as indicators. In: Collins, N. M. and J. A. Thomas (eds.) . The Conservation of Insects and their Habitats. London: Academic Press, 350～404

Clark, D. A. 1988 . Deciphering landscape mosaics of newtropical trees: GIS and systematic sampling provide new views of tropical rainforest diversity. Annals of the Missouri Botanical Garden, 85: 18～33

Cox, C. B. and P. D. Moore. 1993. Biogeography: An Ecological and Evolutionary Approach. London: Black-

well Scientific Publications

Crain, I. K. 1992. User requirements for the Harmonization of Environmental Measurement Information System (HEMIS). UNEP-HEM Munich, Germany

Cropper, S. 1993. Management of Endangered Plants. Melbourne: CSIRO Publications

Crump, M. L. and N. J. Jr. Scott. 1994. Visual encounter surveys. In: Heyer, W. R., M. A. Donnelly, McDiarmid, R. W., L. C. Hayek, and M. S. Foster (eds.). Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 84～92

Dallmeier, F. (ed.). 1992. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas. MAB Digest 11

Dallmeier, F. and J. A. Comiskey. 1998. Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling: Conceptual background and Old World Case Studies. Man and the Biosphere Series V. 20. Paris: Unesco and The Parthenon Publishing Group

di Castri F, A. J. Hansen and M. Debusche (eds.). 1990. Biological Invasions in Europe and the Mediterranean Basin. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers

FAO. 1996. The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome

Gimaret-Carpentier, C., R. Pélissier, Pascal, J-P, and F. Houllier. 1998. Sampling strategies for the assessment of tree species diversity. Journal of Vegetation Sciences, 9: 161～172

Giver, D. R. 1994. Principles and Practice of Plant Conservation. New York: Timber Press and Chapman and Hall

Goldsmish, F. B. (ed.). 1991. Monitoring for Conservation and Ecology. London: Chapman and Hall

Greig—Smith, P. 1983. Quantitative Plant Ecology. London: Blackwell Scientific

Guzmán, G. 1998. Inventorying the fungi of Mexico. Biodiversity and Conservation, 7: 369～384

Hellawell, J. M. 1991. Development of a rationale for monitoring. In: F. B. Goldsmish, (ed.). Monitoring for Conservation and Ecology. London: Chapman and Hall, 1～14

Heyer, W. R., M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek and Foster M S (eds.). 1994. Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians. Washington, DC: Smithsonian Institution Press

Heywood, V. H. 1997. Information needs in biodiversity assessments, from genes to ecosystems. In Hawksworth, D. L., P. M. Kirk, and Clarke S D (eds.). Biodiversity Information, Needs and Options. Wallingford: CABI International Press, 5～20

Heywood, V. H. (ed.). 1995. Global Biodiversity Assessment. Cambridge: Cambridge University Press

Holdridge, L. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center, San Jose, Costa Rica

Hubbell, S. P. 1998. The maintenance of diversity in a neotropical tree community: conceptual issues, current evidence, and challengs ahead. In: Dallmeier, F. and Comiskey (eds.). Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling: Conceptual background and old world case studies. Man and the Biosphere Series V. 20. Paris: Unesco and The Parthenon Publishing Group, 17～44

Hutchinson, M. F., L. Belbin, A. O. Nicholls, H. A. Nix, J. P. McMahon and K. D. Ord. 1997. BioRap Rapid Assessment of Diversity, Vol. 2 Spatial Modeling Tools. Australian BioRap Consortium, CSIRO, Canberra

IUCN. 1994. IUCN Red List Categories. IUCN, Gland

Janzen, D. H. and W. Hallwachs. 1994. All Taxa Biodiversity Inventory (ATBI) of Terrestrial Systems. A genetic protocol for preparing wildland biodiversity for non-damaging use. Draft Report of a National Sci-

ence foundation Workshop. April 1993, Philadelphia, 16～18

Kershaw, K. A. 1973. Quantitative and Dynamic Plant Ecology, 2nd edn. London: Edward Arnold

Kesseli, R. V. 1992. Population biology and conservation of rare plants. In: Jain, S. K. and L. W. Botsford (eds.). Applied Population Biology. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 69～90

Koskimies, P. and R. A. Vaisanen. 1986. Monitoring Bird Populations: A manual of methods applied in Finland. Finnish Museum of Natural History, University of Helsinki, Helsinki (English version, 1991)

Lawton, J. H., D. E. Bignel, B. Bolton, G. F. Blomers *et al*. 1998. Biodiversity inventories indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. Nature, 391: 72～75

Maxted, N., L. Guarino and M. E. Dulloo. 1997. Management and monitoring. In: Maxted, N., Ford-Lloyd, B. V. and J. G. Hawkes (eds.). Plant Genetic Conservation, the *In Situ* Approach. London: Chapman & Hall

New, T. R. 1994. Exotic Insects in Australia. Gleneagles, Adelaide

Noss, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. Conservation Biology, 4: 355～364

NRC. 1993. A Biological Survey for the Nation. Washington, DC: Academy Press

Olsen, J. S., J. A. Watts and L. J. Allison. 1983. Carbon in Live Vegetation of Major World Ecosystems. Tennessee: Oak Ridge National Laboratory

Paivinen, R., H. G. Lund, S. Poso and Zawila-Niedzwiecki T (eds.). 1994. IUFRO International Guidelines for Forest Monitoring. IUFRO World Series Report 5. International Union of Forestry Research Organization. Vienna

Palmer, M. E. 1987. A critical look at rare plant monitoring in the United States. Biological Conservation, 39: 113～127

Parker, P. G., A. A. Snow, M. D. Schug, G. C. Booton and P. A. Fuerst 1998. What molecules can tell us about populations: choosing and using a molecular marker. Ecology, 79 (2): 361～382

Pearson, D. L. 1995. Selected indicator taxa for the quantitative assessment of biodiversity. In: Hawksworth D L (ed.). Biodiversity, Measurement and Estimation. London: Chapman & Hall, 75～79

Ramesh, B. R., S. Menon and BAWA K S. 1997. A vegetation based approach to biodiversity gap analysis in the Agastyamalai Region, Western Ghats, India. AMBIO, 26 (8): 529～536

Raven, P. H. and E. O. Wilson. 1992. A fifty-year plan for biodiversity surveys. Science, 285 (13): 1099～1100

Richardson, B. J. 1994. The industrialization of scientific information. In: Forey, P. L., C. J. Humphries, and R. I. Vane-Wright (eds.). Systematics and Conservation Evaluation. Systematics Association Special Volume 50: 123—31. Oxford: Clarendon Press

Ruokolainen, K., A. Linna and H. Tuomisto. 1997. Use of Melastomataceae and pteridophytes for revealing phytogeographic patterns in Amazonian rain forests. Journal of Tropical Ecology, 13: 243～256

Schreuder, H. T., T. G. Gregoire and G. B. Wood. 1993. Sampling Methods for Multi-resource Forest Inventory. New York: John Wiley

Scott, J. M. and M. D. Jennings 1998. Large-area mapping of biodiversity. Annals of the Missouri Botanical Garden, 85: 34～47

Soule, M. E. 1986. Conservation Biology: The science of scarcity and diversity. Sunderland, Mass: Sinauer Associates

Spellerberg, I. F. 1992. Evaluation and Assessment for Conservation. London: Chapman and Hall

Spellerberg, I. F. 1991. Monitoring Ecological Change. Cambridge: Cambridge Press

Stein, B. A. 1994. Strengthening National Capacities for Biodiversity Information Management. The Nature Conservancy, USA.

Stern, M. J. 1998. Field comparisons of two rapid vegetation assessment techniques with permanent plot inventory data in Amazonian Peru. In: Dallmeier, F. and Comiskey (eds.). Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling: Conceptual background and old world case studies. Man and the Biosphere Series V. 20. Paris: Unesco and The Parthenon Publishing Group, 269～283

Stork, N. E., M. J. Samways and D. A. Bryant. 1995. Why inventory and monitor biodiversity? In Heywood, V. H. (ed.). Global Biodiversity Assessment. Cambridge: Cambridge University Press, 461～473

Templeton, A. 1995. Biodiversity at the molecular genetic level: experience from disparate microorganisms. In Hawksworth, D. L. (ed.). Biodiversity, Measurement and Estimation. London: Chapman & Hall, 59～64

Tuomisto, H. 1998. What satellite imagery and large-scale field studies can tell about biodiversity patterns in Amazonian forests. Annals of the Missouri Botanical Garden, 85: 48～62

Udvardy, M. D. F. 1975. A Classification of the Biogeographical Provinces of the World (IUCN Occasional Paper No. 18). Morgues: IUCN

United Nations Environment Programme (UNEP). 1986. The Handbook of Ecological Monitoring. Oxford: Clarendon Press

ADVANCES IN BIODIVERSITY INVENTORY AND MONITORING

He Jinsheng, Ma Keping

(Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Biodiversity inventory refers to the process of survey, classification, ordination, quantitization and mapping of such entities as genes, individuals, populations, species, habitats, communities, ecosystems and landscapes or their components. The analysis or synthesis of such information is also involved in the process. Biodiversity monitoring is the repeat inventory depending upon tempo-spatial variation, which reflects the change of biodiversity. The importance, procedures, principles, theoretical basis and methodology for biodiversity inventory and monitoring, as well as the advances in the field were introduced in this paper. Modern techniques such as "3S" (GIS, RS and GPS) and GAP analysis were widely used in the inventory and monitoring of biodiversity at ecosystem and landscape level.

Key words: Biodiversity, Inventory, Monitoring

森林生物多样性监测规范和方法*

贺金生　刘灿然　马克平

（中国科学院植物研究所，北京 100093）

摘要　生物多样性的监测是生物多样性科学项目 DIVERSITA 的核心内容，也是生物多样性研究和管理的基础。我国的森林生物多样性监测正处于起步阶段，但遇到的最大困难就是监测的规范和标准不统一，这不仅不利于建立全国范围的监测网络，也对监测数据的共享形成很大障碍。因此，根据国外的作法，结合我们自己工作的体会，写成"森林生物多样性监测规范和方法"。

关键词　生物多样性　监测　规范

1　背景

生物多样性监测最主要的目的是为管理者服务，为他们在保护生物多样性、制定土地利用规划、评价环境影响等问题上提供必要的信息。同时，生物多样性监测也能为相关学科提供大量的资料，如保护生物学、林学、农学、土壤学、渔业学和环境科学等。

Hellawell（1991）将生物多样性监测定义为：为确定与预期标准相一致或相背离的程度而对生物多样性进行的定期监视。换句话说，生物多样性监测是在时间尺度上对生物多样性的反复编目，从而确定其变化。

生物多样性监测要解决什么样的问题呢？根据联合国可持续发展委员会（Committee of Sustainable Development，CSD）关于可持续发展指标的压力－状态－响应模式，生物多样性监测必须回答如下问题（Stork *et al.*，1995）。

所监测的目标面临何种压力？这些压力处于何种程度？

哪些影响生物多样性的因素正在改变或已经改变？

为管理某一监测目标（物种、种群、生态系统）的政策是否起作用？

联合国环境署（United Nations Environmental Programs，UNEP）在1995年出版的《全球生物多样性评价》一书中，详细罗列了生物多样性监测所应包括的内容（Samways *et al.*，1995）。

---

* 国家自然科学基金"九五"重大项目（39893360）及林业部GEF小型科学基金"森林植物生物多样性的动态监测资助项目"。

2 监测内容

2.1 在不同时间、空间尺度上的监测

监测时间因监测的对象、所需的结果以及所采用的手段不同而不同，长期的监测可能需要很多年，或者几十年。但它无疑能反映出生物多样性是否已经得到了有效保护。

监测的空间尺度包括地方监测、地区监测和全球监测。地方监测由当地的资源及需要而定，如对保护区域、湖泊、湿地、农田、人工林、河口和海岸线内单个生态系统或生境的监测；地区监测包括对一个或多个生态系统、大型河流、海湾和大型海洋生态系统监测；全球监测建立在前二者的基础上，采取广泛布点与定向观测相结合的方法。

2.2 在不同层次上的监测

2.2.1 基因监测

内容包括遗传变异与濒危植物、遗传变异与家养动物的繁育、跟踪个体起源的遗传标记。

2.2.2 种群监测

包括种群大小与密度、种群结构、种群平衡（Population equilibrium）、种群分析，影响种群的人口压力变化。

2.2.3 物种监测

包括对关键种、外来种、指示种、重点保护种、受威胁种、对人类有特殊价值的物种、典型的或有代表性的物种的监测。

2.2.4 生态与景观监测

内容包括生态系统过程、景观片断化、生境破坏及其他干扰的影响；种群抵抗人类干扰的变化趋势；对全球气候变化的影响；由于某个关键种（或关键的分类单元）的灭绝而可能导致的生态学变化，森林覆盖与土地利用对生物多样性的影响。

2.3 保护区监测

包括以下4个方面：保护区管理的有效性；保护区关键特征的状态（所保护的物种、生境、生态系统或景观的状态）；保护区面临的威胁；保护区的利用及其社会、经济效益。

2.4 保护区以外的监测

主要指对农业、林业和渔业的监测。

3 监测进展

由于生物多样性监测的艰巨性，目前全世界所做的努力只集中在下列二个方面，其一是监测生境，其二是追踪濒危物种的变化。

对自然生境的监测主要在保护区内进行。目前全球地表面的5%被列为保护区（World Resource Institute，1994；WCMC，1992）。过去20年里，全球保护区的面积和数目增长很快。今后，由于人口增长与土地紧缺的冲突日益加剧，这一增长的速度将会放慢，而且很可能会下降。只有少数的几个国家还可能建立起100万 hm^2以上的保护区。

理想状态下，被保护的区域应包括所有地区的代表。然而，保护区的分布常常是不平衡的，它受社会和当地实际情况影响较大（如土地利用等）。但是，在可能的情况下，保护区的布局

应尽可能考虑生态原则、管理目标和物种生态分区等因素。保护区应尽可能代表一个国家的物种或生态系统，并在面积上具有相当规模以维持其生态系统功能。

尽管现在对生物多样性监测主要集中在保护区内，监测的内容集中在生境和濒危物种，但就目前的情况来说，仍然显得力量不够，以生境监测为例，不仅要了解保护区生物多样性情况，还要了解物种生态分区范围，人类干扰和物种编目的情况。目前只有很少的经过详细调查的区域能够提供综合的物种编目，对于大多数区域和物种来说，这类资料还不具备，并需要很长的时间才能收集到，所以，国际社会正地考虑到指示物种的方法来表示生物多样性。

由于森林在维持全球碳循环及生物多样性方面的重要作用，目前生物多样性的监测主要集中在对各类森林的生物多样性的动态监测。树木具有寿命长、个体大，年龄及个体特征难以一致等特征，这特征也就成了人类了解森林动态的障碍。如树木寿命为人类的几倍，高度超过人身高20倍等特征。由于以下原因，对森林生物多样性的监测是必要的：

- 监测有助于地区的生物多样性编目；
- 对树木的生长、死亡、更新等动态特征提供长期数据；
- 对生物多样性的研究和宣传教育提供信息基础，为决策者提供服务；
- 有助于了解生物多样性的生态系统功能、生物多样性的维持机制、退化生态系统的恢复和重建以及协调森林依赖性（Forest-dependent）的人类活动与自然的关系.

Stephen Hubble 和 Robin Foster 等美国生态学家于80年代初在南美洲建立了一块森林生物多样性监测样地（Hubbel & Foster，1983）。但是大面积调查是需要大量劳动力、费用和时间的，其付出的结果却又不能马上获得经济效益，故一直被认为是效率低的工作。迄今为止，大面积调查地的设置在热带雨林有巴拿马、马来西亚、波多黎各等地以50hm^{2}的规模进行了设置（Hubbel & Foster，1983；Yamakura *et al.*，1995；Condit，1995；Ashton，1995）。由于这些大面积调查地的设置，开始了热带林的结构组成和物种多样性的实证研究（Kochummen *et al.*，1990；Manokaran & LaFrankie 1990；Dallneier *et al.*，1992 ；Lee *et al.*，1995）。此后，在热带地区建立了大量的从1hm^{2}到52hm^{2}的固定观测样地。日本专家在东南亚这片世界上第二大热带雨林区也陆续建立了固定监测样地。热带林以外的大面积调查地研究很少。在温带林的大面积调查地，有1979年开始设置的美国佐治亚州的长叶松（*Pinus palustris*）林，面积39.4hm^2（Platt *et al.*，1988），美国 Great Smoky Mountain 国家公园50hm^2（Dallmeier，1992），Virgin Island 国家公园50hm^2（Dallmeier，1992）。在日本，已有报道超过1hm^{2}的有长崎县4 hm^2，奈良县13hm^2，寒温带林有京都16hm^{2}和7.97hm^2，长野县6.25 hm^2，茨城县6 hm^2，岩手县8.91 hm^2。在我国的台湾省垦丁国家公园建立有3hm^{2}固定样地，中科院鼎湖山森林生态系统定位研究站、中科院神农架生物多样性定位研究站、中科院北京森林生态系统定位研究站、中科院长白山森林生态系统定位研究站等都设置了大小不等的固定样地。建立生物多样性固定样地以监测生物多样性的动态变化已成为生物多样性研究领域的重点课题之一。

《生物多样性公约》第七条要求各缔约国承担本国生物多样性编目和监测，并定期向缔约国大会提交生物多样性现状报告。最近，由国际生物学联盟（IUBS）、联合国教科文组织（UNESCO）和国际地圈一生物圈计划（IGBP）等国际组织共同参与的国际生物多样性科学项目 DIVERSITAS 也确定了“生物多样性的监测”作为生物多样性研究的5个核心项目之一（Core Program Elements）（DIVERSITAS，1996）。生物多样性的监测也是“中国生物多样性行动计划”和《中国二十一世纪议程》的重要内容。

我国的生物多样性监测正处于刚起步的状态。对森林生物多样性监测虽然还有很多重要的工作要做，但过去几十年的动植物物种编目已为今天的监测打下了一定的基础。和农业生态系统及海洋生态系统物种编目和监测相比，森林生态系统的基础最好。因此我们应当从森林生物多样性监测工作着手，带动全国生物多样性监测工作。

我国森林生物多样性监测首先遇到的就是监测的规范和标准不统一，这不仅不利于建立全国范围的监测网络，也对监测数据的共享形成很大障碍。因此，我们在中科院生物多样性委员会的支持下，对国内外的监测方法进行了比较和研究，结合我们自己工作的体会，写成“森林生物多样性监测规范和方法”的初稿。

3　监测样地设置的规范和方法

3.1　地点选择的标准

对监测样地地点的选择，首先要考虑监测的目的。一般分两种情况：(1) 对自然生态系统进行监测；(2) 对特殊目的进行监测，如择伐对生物多样性的影响，不同恢复措施的效果等。本文的样地选择标准针对第一种情况。地点选择时要考虑：

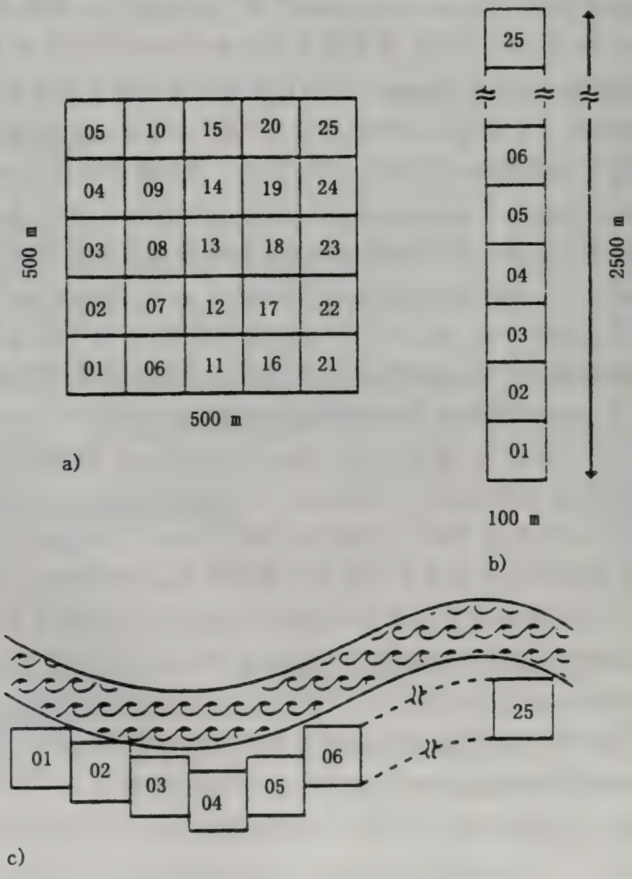


图1　监测样地的设置

・是否为原生林，或者是人为影响少的原生状态。优先考虑监测人为影响小的自然生态系统类型；

・是否有足够的面积，使其包含林窗、倒木和枯立木等自然干扰因素；

・靠近林道，调查地尽可能易于通行，以便减少路途上的时间。由于设置、调查和观察需要较多的劳动力和时间；

・位于宽阔的山腰地带，能够进行同一山腰不同地点、同海拔不同微环境如坡度、坡向等的比较；

・要为将来扩大监测范围留有余地。

3.2 设置的方法和规范

3.2.1 样地形状

按群落学原理，样地形状对监测影响不大，之所以考虑形状，主要是为调查及一些计算方便。根据所掌握的资料，样地形状有：

・正方形（图1 a）；

・长方形（图1 b）；

・样地根据地形设置，小样方形状规则（图1c；图2）。

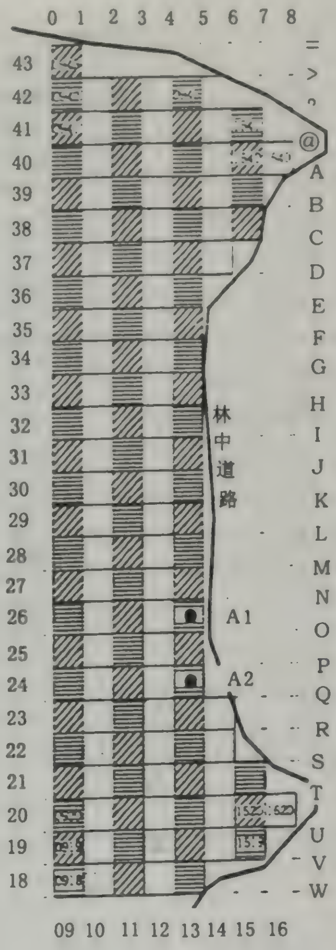


图2 监测样地依地形设置的格局

3.2.2 样地大小

目前国际上生物多样性监测样地大小变化很大，在热带地区有1～52hm²的样地。SI/MAB 推荐样地面积为50hm²，但这主要是指热带地区。这些面积都是投影面积（即水平面面积）。根据我国的实际情况，建议监测样地面积4hm²。在这4hm²中，每木检尺1hm²，其他3hm²预留给其他方面监测之用，如生物地球化学循环，昆虫等其他学科。4hm²样地分成4个1hm²小样地。1hm²小样地分成25个400m²的小样地，1个400m²小样地分成16个25m²的小样地（如图3、4）。由此建立样地的网格（网络）系统。

建议样方号编排法：样方用4位数表示。用4位数的前2位表示从西向东的位置，用后2位表示从南到北的位置。除样方号外，纵向和横向的格子线也要作上记号、格子叉点也同样标号。这是因为区划测量时设置的不是样方而是格子点。

1.2.3 采用网络法的理由

调查采用网络法区划分割，以5m 的区划单位进行分割。采用网络法调查的理由在于容易进行单位面积的比较，也易于阐明地形、土壤、林相等不同要素之间的关系。而且，作为网络可以在平面上进行数据模型化，从而有效地解析森林动态，能够进行森林动态的模拟（Sato & Iwasa，1993）。基于以上两点，长期固定样地的设置和测量越早对研究越有意义，因为即使树木位置未确定也能比较单位面积的树种组成。因此，采用网络法首先在每个样方进行了胸径测定和个体识别。树木位置的调查需要大量的时间，所需劳动力和时间都不可预测，所以可在胸

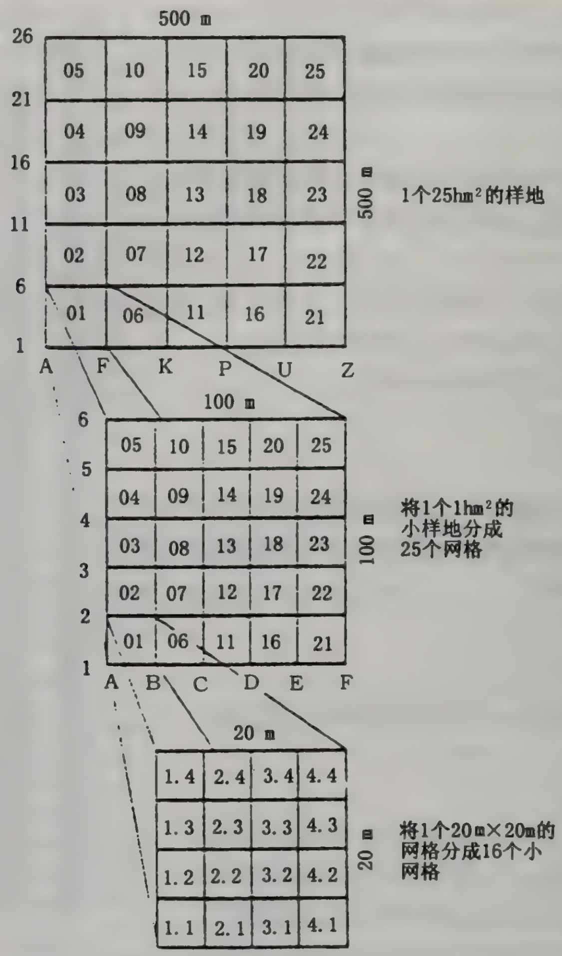


图3 监测样地的结构（25hm²）

径测定后再调查。

采用网络法时，区划单位的长度可分为25，20、10及5m。这个单位长度由目的树高和与测量效率有关的因素决定。测定效率则取决于微地形的复杂程度和通视（H＝1～1.5m）高度内下层植被繁茂程度。如果能通视，则区划单位越大效率越高。可是如果微地形太复杂，用大的区划单位就需要很多辅助点的测量，所以测量效率会因测点数的增加而降低。只是，增加格子桩数会同时增加其费用。区划单位的长度事先根据植被、微地形来确定，而样方号、区划线标记不发生混乱也能提高效率。

3.3 边界及地形图

3.3.1 边界

根据已有的监测样地，边界的桩有：

· 用再生塑料制作的塑料柱：这种材料会因结冰使地面以上部分的桩破损而不适合在寒冷地区使用；

· 用铝制作的铝柱；

· 用不锈钢制作的不锈钢柱。

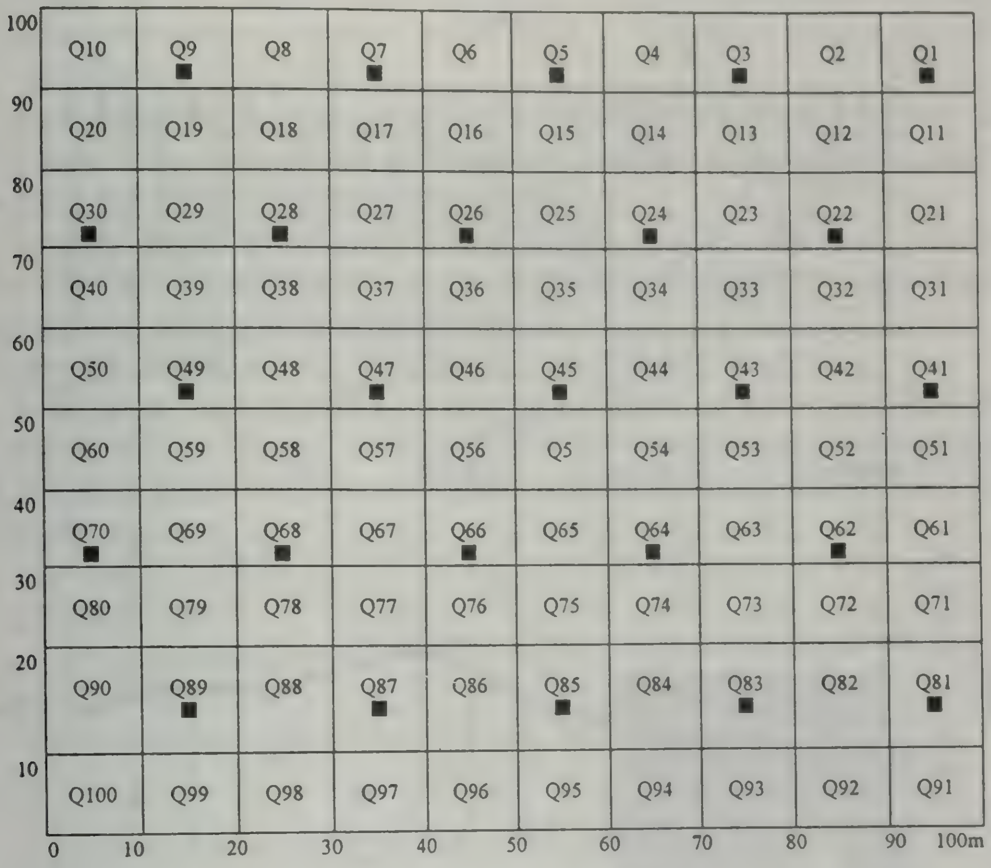


图4 监测样地的结构（$1hm^2$）

因为桩是位置关系的基准，所以应选择长时间仍能辨认的材料。可是，在积雪时露出出地表的桩会由于积雪的作用发生破损、移动，所以地上部分不宜太长。桩地上部留30cm（周围边界），网格中间桩地上部小于10cm。在靠近格子点标记的树木上挂上了标识带。在热带为了容易发现，把2m 的杆子立在格子点上（Manokaran *et al.*，1990）。另外，桩的选择除了要考虑随积雪移动外，还必须考虑植被、落叶的覆盖和动物的破坏等因素。经常发生火灾的地方，塑料柱就不合适，在美国大烟山地区发现啮齿动物对塑料柱有破坏作用。

关键地方的桩可以漆上颜色，如红色，易于发现。

3.3.2 地形图

大部分监测样地的边界设定和地形图是同时进行的。首先设置一个基准点，这一点要在全国地理坐标系中表示出来。然后根据经纬仪或罗盘仪进行边界的设置。边界设置的同时，绘出地形图，如图5。但 SI/MAB 监测样地设置方法只根据等高仪进行边界和网格的定位，没有绘出地形图。根据我国情况，建议绘出地形图。

测量程序：设置调查地的测量从决定图根点的基准测量和由图根点决定网络格子点的区划测量开始。首先用经纬仪把在平面直角坐标系统已知的两个对空标识点在林道上加以确定，然后从图根点开始，依次对50m 网络的格子点做闭合测量。

调查区内所有研究的位置数据的精度，与调查区设计精度密切相关。因此，对基线测量和

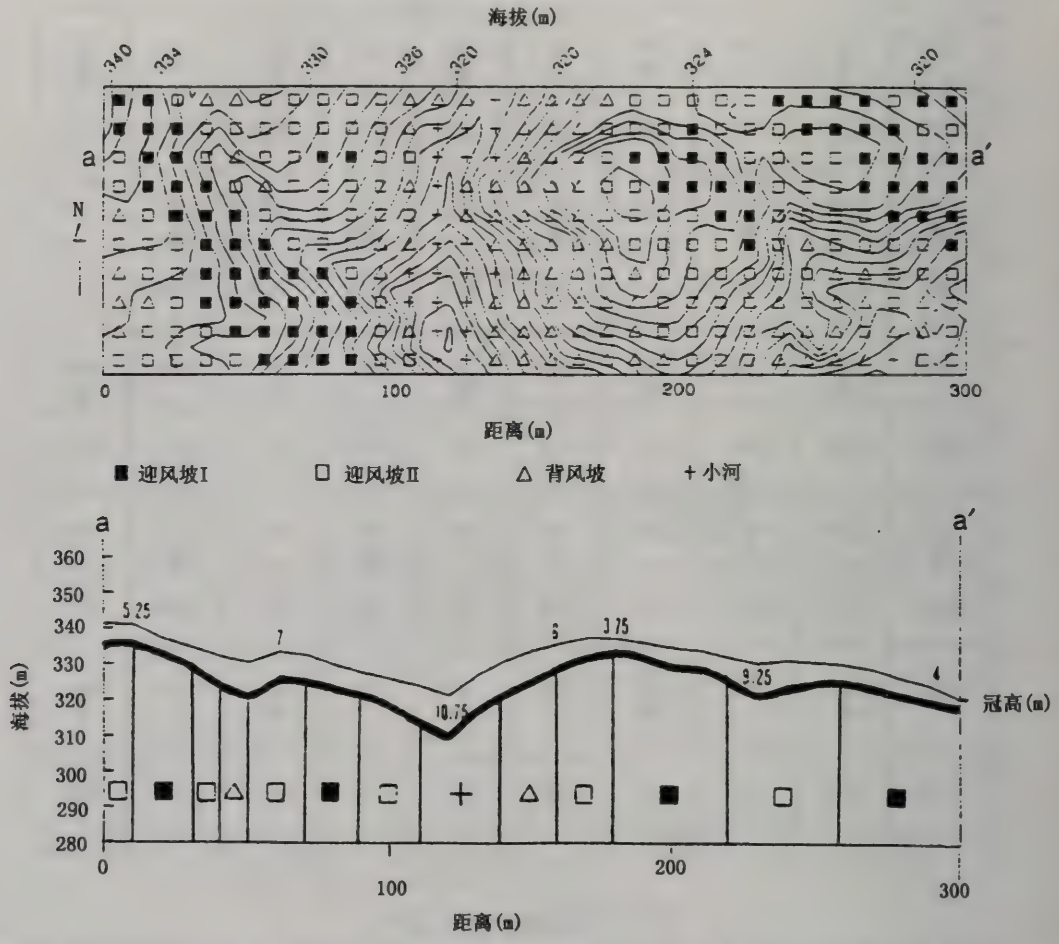


图5　样地边界设定与地形图绘制

由图根点的格子点的测量一定要慎重。因为样方是以图根点为基准设置的，它们将决定以后的计算分析精度，所以进行了复测。建立网络时的误差，在每个网络用闭合测量法进行修正。在延长格子线的时候，如果没有经过闭合修正，则误差会不断增大。用网络法在基准点为复数时用闭合测量来修正误差也是方便的。

其他的测量方法：作为非网络设定方法，有人在马来西亚采用从基准的1个点不断延伸格子线的轴伸长方式（Manoklaran *et al.*，1990；Dallmeier *et al.*，1992）。其优点是仅由坡度进行倾斜距离的换算即可决定格子点。缺点是有时会由于下层植被和岩石等障碍物而不能进行测量，另外就是随着格子的延伸网络误差有增大的趋势。因此，用这种方法测定所有的格子网络是不现实的。另外，有人每 隔20m 平行设置一条500m 的直线，设置了这样52个$1hm^2$的长条，调查地总面积为$52hm^2$。

区划分割除网络法外，还有任意多边形法。这种方法是任意地进行闭合测量，其优点是可以把测点任意设在陡坡处或下层植被没有挡住视线的地方，能够缩短测量时间。不需要象网络法那样边计算边测量点的位置，即使不太熟练也能进行。因为能在每个任意多边形内计算修正。作大面积调查地时能在每个微地形或林分设置一个多边形，在这点上认为测量效率是高

的。依据测量人员对地形等立地条件和林相的判断来划分任意多边形时，在每种地形、林相间进行树种组成的比较要比网络法更明了。而且能像网络法一样在树木位置测定之前进行个体测定，还能换算成单位面积进行比较。

在未确定正确的格子点、网络位置的情况下进行面积比较的方法也是经常被考虑的。在网络的误差比较大时，可以取与网络近似的任意多边形，把面积修正以后再进行比较。在先测定树木位置时可以把树木位置图假想成网络来进行比较。

大家知道，测量和误差的修正都是用或经纬仪或罗盘仪进行的，而误差的修正还可以考虑在大林窗内使用卫星测地系统（GPS）。但是，在林内 GPS 的误差为6～93m，所以在现有精度下对调查地的设置和树木位置的测量还不适用。

3.4 定位和个体识别

阐明生活在同一空间的生物群体动态的必要条件，是要对正在分享同一空间的共同资源的全体成员（或一定生长阶段上）进行个体识别，而且还要进行跨时代的连续调查。个体识别可以使信息的质量得到飞跃性提高。因此，准确的个体识别对长期连续调查是非常必要的。国内外个体识别法（图6）有：

- 每个个体挂上识别牌；
- 靠位置图识别。

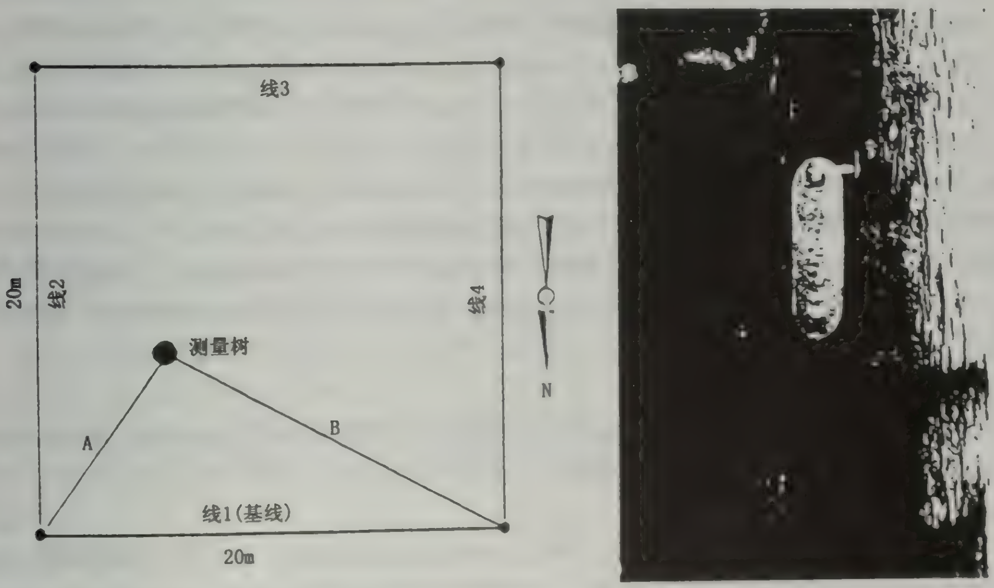


图6 个体定位与标记

位置图识别法虽不会给树体带来影响，但却必须谨慎确认。而且长期以后会有倒伏和表面移动现象发生。根据以往我们的经验，推荐采用个体号码牌加以识别。

这方面是定位研究最困难的部分，因此详细描述野外的作法。

3.4.1 个体识别用牌

个体识别号码牌，用铜线拴在钉在树干上的钉子上。牌子是不锈钢的。在外面订好货

20mm×50mm×0.3mm，刻上号码，在一侧的中央打孔，用铜线将其固定在树干的钉子上。

在热带地区也有用铝制的牌子的。但其耐腐性如何还不清楚。塑料标识牌会因低温而破损，有时还会遭到啮齿类动物的破坏。为了使相邻样方的识别更容易，可用4种油漆（无色：A，红色：B，白色：C，黄色：D）颜色加以区分。不锈钢牌的着色既要能识别数字，又得保持油漆识别色，可将其浸泡在稀释为60%的油漆中着色。

使用的是包着乙烯树脂的铜线（0.8mm）。铁线容易生锈，耐久性差，不锈钢线太硬难以操作。用20cm长的铜线，把牌子和钉子分而拴之，牌、钉之间留出的铜线长在5cm之内。之所以用铜线把牌子挂在钉子上，是为了换钉子时容易拔出钉子，还便于更换牌子，也为了避免由于树木急剧生长而把牌子卷入树体。另外，牌子如果直接触到树皮，一些树种的树脂流出会给号码别带来困难。牌、钉之间距离的确定，既要避免因风吹而使洞孔破损，又要在下次测定时容易确认号码。

在马来西亚和中南美地区的有些调查地使用了市场上购买的铝牌（19cm×35cm×1.2cm，67mm×25mm×1mm；全是National Band &Tag Co. 制，Kentucky，USA），在一端开了直径为5～6mm的小孔，直接将其钉在树干上（Manokaran *et al.*，1990；Dallmeier *et al.*，1992）。

3.4.2 个体识别用钉

钉子也是不锈钢制的（长75mm）。不锈钢钉比铁钉对树体的影响小，耐久性也强。在地锦槭、黄檗、紫杉等树种上用铁钉容易造成树体坏死。有人在1958年设置的固定样地上使用了铁钉，20年后换钉子时出现了因生锈拔不出来或者是在拔的过程中断在里面的现象。即使用不锈钢钉对树干也有影响，有些树种会从伤口处流出树液（白桦），也有的会隆起结疤（玉铃花），钉子的部位与测胸径位置有一定的距离。树木的径向生长会把钉子包入树体中，钉子钉入树体一半即可，预定更换钉子时间为20年。钉钉子时，把钉头稍向下倾斜，这是考虑到既防止了雨水流入树体，又可使铜线稳定在钉头一侧，以免铜线被卷入树皮里。另外，为了避免钉子被积雪压弯，给采伐时拔钉子带来困难，尝试了把号码牌钉在树干基部的方法，但测量时号码确认工作的效率降低了。如果树木不进行采伐利用或树干解析，就没有必要更换钉子，包在树干里也无妨。

3.4.3 边界的绳索

为在直径测量时明确识别样方边界，在边界上拉上尼龙绳。绳子易被动物（狐、鼠类）咬断。同时考虑随季节变化产生伸缩的问题。

3.4.4 胸径位置的标记

在面向山的一侧，用红油漆标记上胸径的测量位置。根据经验，由于径向生长和树皮的脱落，混交林带的组成树种油漆保存年限为15年。至于油漆颜色，桦木类等白色树皮用红色油漆。用雾状油漆只能保持2年。在积雪地区由于积雪的作用会使胸高位置的油漆剥落，用丁钠橡胶等油性尼龙芯笔效果比较好。

4 监测样地调查项目的规范和方法

4.1 乔木层

4.1.1 调查范围

固定监测样地的调查，乔木层树种定位挂牌的范围有一定的变化，有以 DBH＞10cm 作为标准的，也有用 DBH＞1cm 为标准的。建议用 DBH＞＝4cm 作为统一的标准。

对乔木树种的幼苗（DBH＜2cm）、幼树（2cm＜＝DBH＜5cm）同时进行检尺，但不挂牌和定位，只标出所在小样方位置。

4.1.2 调查项目

首先调查定位坐标和胸径及树木位置图的制作。

在经费和人力允许情况下，除位置图制作外需要追加的调查项目有：包括树冠投影图、林窗分布图、林层断面图的制作与树高的测量。

4.1.3 异常胸径位置的确定

由于树木生长有时很不规则，因此在调查时一些特殊情况应按图所示进行测量（图 7）。同时有一些树木由于种种原因发生了损伤或倒伏，因此对这些树木状态进行了分类（图 8），同时表示在调查表中。

4.2 灌木层

在一些热带地区及一些温带地区，灌木层没有进行监测。考虑到我国大部分处于亚热带和温带，灌木层种类较丰富，因此灌木层监测只进行种类的编目和优势种的盖度估测。灌木层和草本层监测样方设在监测样地中，如图9。

4.3 草本层

草本层和灌木层一样，只在监测小样方中进行种类编目和盖度的估测。

4.4 层间植物

木质藤本按乔木层的监测方法进行。

4.5 费用

日本36.25hm²永久样地全部作业用了432人日。测量作业用了91人日，每木调查用121人日，3人一组一天可进行3～5个样方的每木调查。使用的物品费用，除去测量器具、木锤、笔、围尺等工具费，仅消耗品的费用为1 450美元。其中主要是格子点的桩（1 700×36根），不锈钢钉（1 700×145箱），个体识别牌（15×25 000枚）。

在巴拿马设置50hm²的调查地，包括树木定位图的完成，12个人用了2年时间，花费了＄150 000（Condit，1995）。马来西亚的50hm²调查地，直径和位置的测定用了6 000人（日（Manokaran *et al*.，1990）。这是因为个体数量多，又制作了树木位置图，需要的劳动力就大。另外，影响天数的主要原因还有林内走路难易、地形和草木层的密度，还有调查人员的经验和能力。

4.6 作业过程

（1）测量：测量有基准测量和小样方测量。

（2）打桩：修正误差后的格子点上打上桩（90mm×90mm×80mm 高）。把样方号标在与各样方相对应的桩的4个面上。同时作上格子线的标记号。

（3）拉绳：为了明确样方界线，用绳子划分相邻样方间的边界。用罗盘仪和测绳测定区划中点，中间桩可用塑料制中空的红色桩（50mm×50mm×350mm 高）。

（4）钉钉子和胸高标记：2 人一组，1 人拿钉子和锤子，在对象木直径测定位置以上10cm处钉上用来拴个体号码牌的钉子。之所以把钉子的位置固定、统一，是为了操作方便、容易看到，以及直径测定位置的油漆脱落后也易于推算。另1个人手拿油漆、笔和1根1.3m 长的棍子，

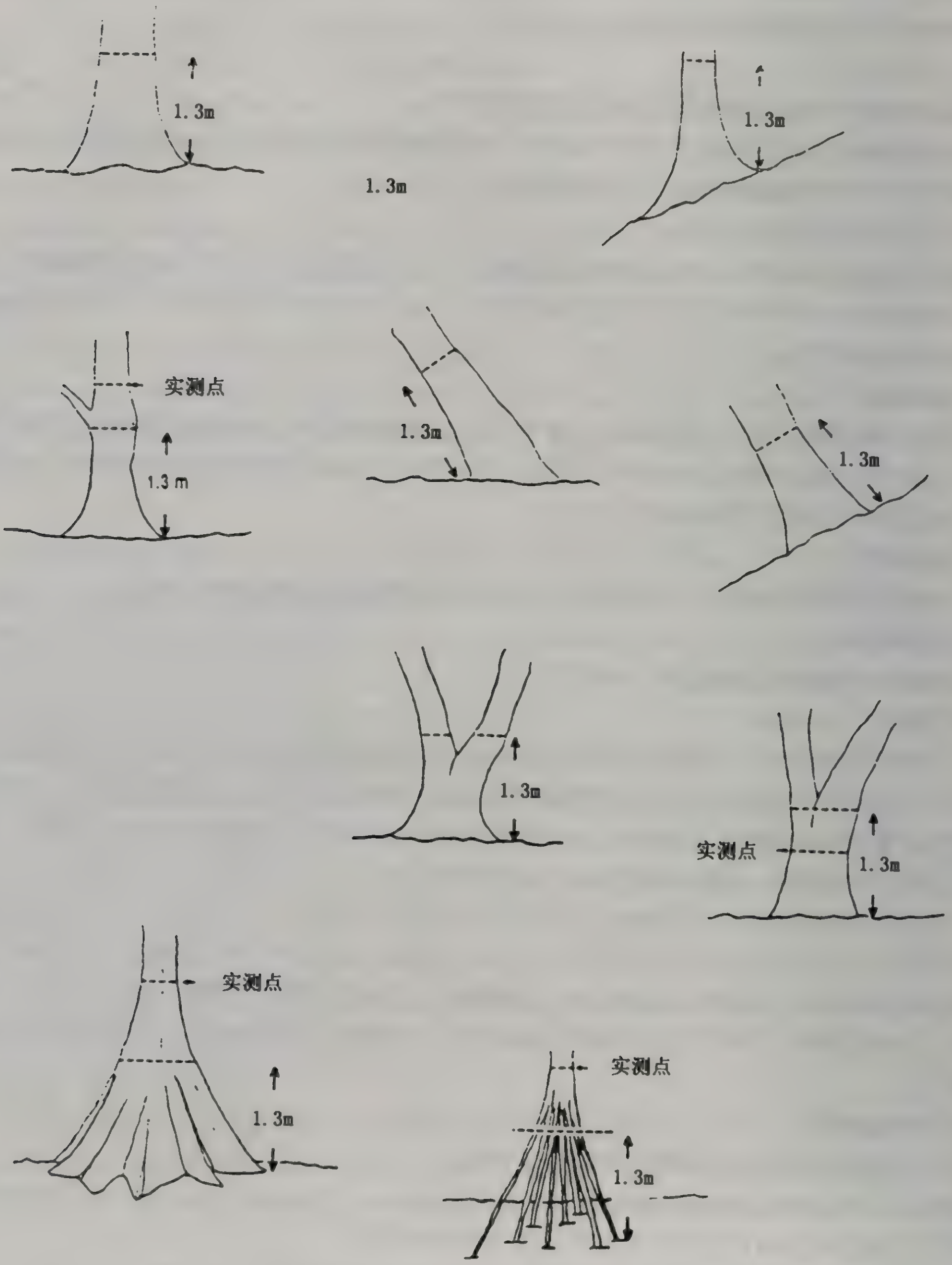


图7　异常胸径位置的确定

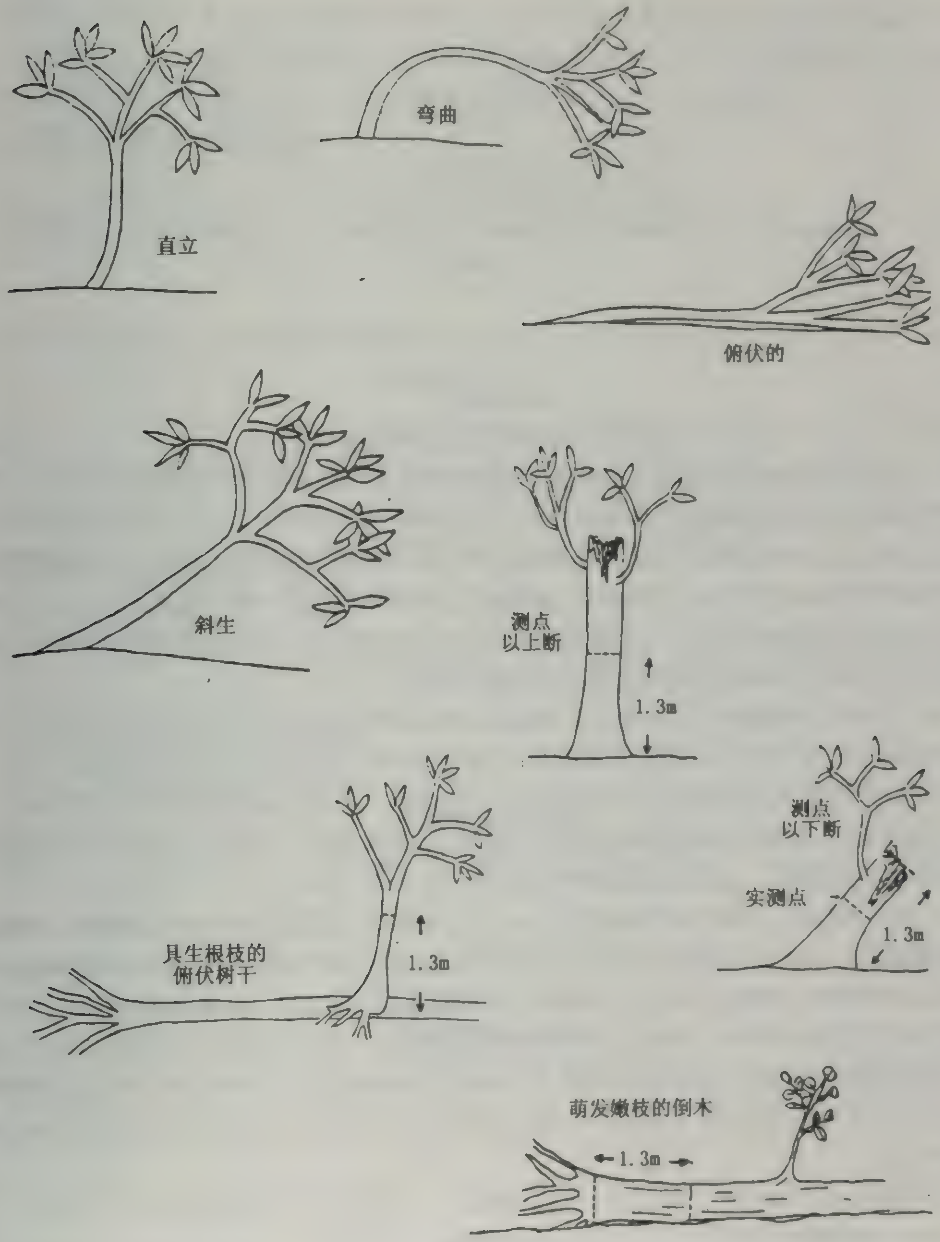

弯曲
直立
俯伏的
斜生
测点
以上断
1.3m
测点
以下断
实测点
1.3m
具生根枝的
俯伏树干
1.3m
萌发嫩枝的倒木
1.3m

图8 树干的不同类型

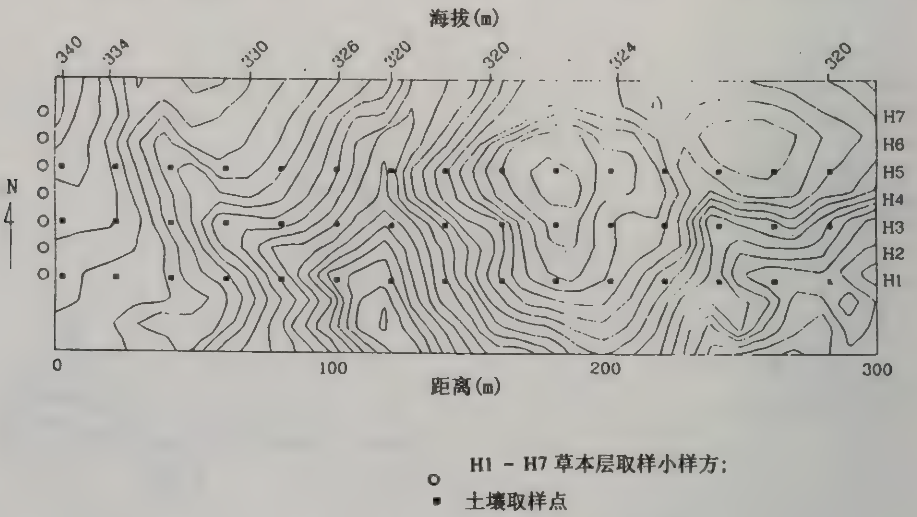


图9 灌木或草本样方及土壤取样点的设置

在地上1.3m 的直径测量位置刷上红油漆。直径测量位置根据被测树的干形要作移动，把测量位置的移动记在野外记录表上。倾斜木在45（以内都是沿着树干1.3m 处，倒木则是树干直立时地上1.3m 处，胸高位置若有树枝或结疤，则要定在影响小的1.3m 以上处，根蘖繁殖和长在根上的树在根基向上1.3m 处作标记。油漆标记刷在面向山的一侧，宽度2cm，长度不超过20cm。油漆不干不能测胸径，所以测定前留出了干燥时间。为了预先知道样方内的测定株数，把钉子50个一束，根据钉子的剩余数来确定牌子数量。

(5)个体识别牌的制作：100枚为一组冠以不同的字母并着以不同的颜色。钉完钉子后，每个样方准备出比钉子数多20枚左右的牌子。这多余出的牌子用于补充钉钉子的遗漏。

(6) 拴号码牌和胸径测定：每木调查3人一组进行，记录、胸径测量和挂牌子各1人。

a）记录者：记载项目有测定年月日、个体号、树种、胸径、干形、长势等。在大径级木和倾斜木的胸径测定时，注意了围尺与树干垂直。

b）胸径测定者：测定对象为胸径在5cm 以上的树木。用围尺测对象木的胸围，换算成直径读数精确到0.1cm。测定时把围尺紧紧围住树干2、3次，围尺不能太松。若有藤蔓缠绕树干不能砍断，橇开缝隙，把围尺穿过后进行测定。如果藤蔓缠绕的太紧，或者是在测量线上有苔藓，就照原样测量反映在野外记录表上。枯损同样进行测定，记录下是否有树皮以及枯死年份。这可以作为推算两次测定之间枯损率的参考。为便于操作，围尺用布制作，在一端系上细绳后使用。围尺的缺点是刻度浅、容易拉长，事先需要进行检查。直径5cm 是用围尺能进行小误差测定的最小粗度。

c）挂牌者：手拿用于个体识别的的不锈钢牌，依号码顺序将其悬挂在树干的钉子上。

另外，调查路线的略图由记录者描绘。路线略图除能提高下次测定的效率外，也是为尽早发现调查木，减少对林地的破坏而制作的。当然线路由调查者自己决定。

第二次以后的胸径测量，可以由记录者、胸径测定者、刷胸高部位油漆和给进级木挂牌3人一组进行。第二次以后刷油漆是在胸径测量后马上进行，这样就会不发生只凭油漆而漏测的事情发生。对进级木的测定要记上调查线路中相邻的树木号，在随后测量的野外记录上，把进级木号码按线路顺序插入进去。

所有的作业均应注意在林内行走尽可能减少对林地的破坏。为了不影响更新，不应践踏倒木，尽可能利用动物的路线走路。毫无疑问，维持原始林的本来面目是最重要的。

4.7 复查的方法

时间应选在生长季。树木位置图的制作可选在落叶树木落叶后林下光线好的情况下进行。

复查时间的选择首先决定于经费和人力。一般每5年进行一次。做大面积调查，要预料到可能会在种的确定与测定值的记录上出现错误。在下次调查时要加以核查。

附：生物多样性监测的调查表格

样地基本信息表

样方号	海拔	坡度	坡向	土壤厚度	人为影响	附注

乔木层调查表

样方号	ID	树种中文名	拉丁名代码	A－X	A－Y	DBH	状态	高度	附注

样方号，整个样地统一编号；

ID，标识牌上号码；

拉丁文代码，7个字母，前3位为属名代码，后3位为种名，第7位，为亚种的第一位字母；

A－X，A－Y 为坐标；

状态，为正常或异常的分类号；

高度，是否记录依调查者而定

幼树幼苗调查表

样方号	树种中文名	拉丁名代码	DBH	高度	长势	附注

灌木层和草本层调查表

样方号	中文名	拉丁名代码	高度	盖度	多度	附注

参考文献

谢长富，陈尊贤，孙义方，谢宗欣等. 1992. 垦丁国家公园亚热带雨林永久样区之调查. 保育研究报告第85号. 台北，台湾大学植物系

Ashton，P. 1995. What can be learned from a 50hm² plot which cannot be learned any other way ? In：Lee，H. S.，P. S. Ashton & K. Ogino (eds.). Long Term Ecological Research of Tropical Rain Forest in Sarawak

Ehime University (special report) . 207～220

Condit, R. 1995. Research in large, long-term tropical forest plots. Tree, 10: 18～22

Condit. R. , S. P. Hubbell & R. B. Foster. 1992. Recruitment near nonspecific adults and the maintenance of tree and shrub diversity in a neotropical forest. American Naturalist, 140: 261～286

Dallmeier, F. , C. M. Taylor, J. C. Mayne, M. Kabel & R. Rice. 1992. Case study of SI/MAB biological diversity plot research methodology; effects of hurricane Hugo on the Bisley biodiversity plot, Luquillo Biosphere Preserve, Puerto Rico. In: Long—term Monitoring of Biological Diversity in Tropical Forest Areas: Methods for Establishment and Inventory of Permanent Plots. In: Dallmeier, F. (ed.). MAB Digest 11. UNESCO, Paris. 47～72

Dallmeier, F. 1992. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas. MAB Digest . 11

Franklin, J. F. , C. S. Bledsoe & J. T. Callaham. 1990. Contributions of the long—term ecological research program. BioSience, 40: 509～532

Hubbell, S. P. & R. B. Foster. 1983. Diversity of canopy trees in a neotropical forest and implications for conservation. In: Sutton SL, T. C. Whitmore & A. C. Chadwick (eds.) . Tropical Rain Forest: Ecology and Management. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 25～41

Hubbell, S. P. & R. B. Foster. 1986. Biology, chance, and history and the structure of tropical rain forest tree communities. In: Diamond, J. & T. J. Case (eds.) . Community Ecology . New York: Harper & Row Publishers, 314～329

Kochummen , K. M. , LaFrankie Jr JV & N. Manokaran. 1990. Floristic composition of Pasoh forest reserve, a lowland rain forest in peninsular Malaysia. Journal of Tropical Forest Science, 3: 1～3

Lee, H. S. , P. S. Ashton & K. Ogino. 1995. Long Term Ecological Research of Tropical Rain Forest in Sarawak. Report of a New Program for Promotion of Basic Sciences Studies of Global Environmental Change with Special Reference to Asia and Pacific Regions, 2. Ehime University

Manokaran, N. & Jr. J. V. LaFrankie. 1990. Stand structure of Pasoh forest reserve, a lowland rain forest in peninsular Malaysia. Journal of Tropical Forest Science, 3: 14～24

Manokaran, N. & Jv. LaFrankie , K. M. Kochummen , E. S: Quan , J. E. Klahn , P. S. Achton. 1990. Methodology for the fifty hectare research plot at Pasoh forest reserve. Research Pamphlet Forest Research Institute Malaysia, 104: 1～69

Masaki, T. , W. Suzuki , K. Niiyama, S. Iida , H. Tanaka & T. Nakashizuka. 1992. Community structure of a species-rich temperate forest, Pgawa Forest Reserve, central Japan. Vegetatio, 98: 97～111

Nakashizuka, T. , T. Katsuki & H. Tanaka. 1995. Forest canopy structure analyzed by using aerial photographs. Ecological Research, 10: 13～18

Platt, W. J. , G. W. Evans & S. L. Rathbun. 1998. The population dynamics of a long—lived conifer. American Naturalist, 131: 491～525

Sakai, A. & M. Ohsawa. 1994. Topographical pattern of the forest vegetation on a river basin a warm—temperate hilly region, central Japan. Ecological Research, 9: 269～280

Samways ,M. J. , N. E. Stork, J. Cracraft H A C, Eeley M Foster. 1995. Scales, planning and approaches to inventorying and monitoring. In: UNEP (ed.) . Global Biodiversity Assessment. Cambridge University Press, 475～508

Sato K. & Y. Iwasa. 1993. Modeling of wave regeneration in subalpine *Abies* forests: population dynamics with spatial structure. Ecology, 74: 1538～1550

Stork, N. E. , M. J. Samways , D. A. Bryant. 1995. Why inventory and monitor biodiversity? In: UNEP (ed.) . Global Biodiversity Assessment. Cambridge University Press, 461～473

Tanouchi, H. & S. Yamamoto. 1995. Structure and regeneration of canopy species in an old-growth evergreen broad—leaved forest in Aya district, southwestern Japan. Vegetatio, 177: 51～60

The World Bank. 1995. Monitoring environmental progress, a report on work in progress. Washington D C, 20～25

UNEP. 1995. Global Biodiversity Assessment : Summary for Policy-makers. Cambridge University Press, 44～45

World Resources Institute. 1994. World Resources 1994～1995. New York: Oxford University press, 153

World Conservation Monitoring Center (WCMC) . 1992. Global Diversity Status of the Earth's Living Resources. London: Chapman

Yamakura, T. , I. Yamada , T. Inoue & K. Ogino. 1995. A long-term and large-scale research of the Lambir Rain Forest in Sarawk: Progress and conceptual background of Japanese activities. Tropics, 4: 259～276

STANDARDS AND METHODS FOR FOREST BIODIVERSITY MONITORING

He Jinsheng, Liu Canran, Ma Keping

(Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Biodiversity monitoring is one of the core elements of DIVERSITAS which is the largest international cooperative programme and organized by six leading NGOs such as IUBS, ICSU, UNESCO, IGBP/GCTE, IUMS and SCOPE. It is also the basis for biodiversity research and management. We are at the starting point, in terms of forest biodiversity monitoring. One of the main problems is the unified standardization which we do not have at the moment. In order to promote the establishment of national forest biodiversity network and the information sharing, it is necessary for us to work out a standard and unified method for forest biodiversity monitoring, which was formulated the present paper.

Key words: Biodiversity, Monitoring

三峡库区农业持续发展的重要途径

——农林复合系统（Agroforestry）建设*

[1]胡德龙　[2]贺金生

([1]湖北省龙门河国家森林公园，湖北省兴山县 443714)

([2]中国科学院植物研究所，北京 100093)

摘要　本文通过对三峡库区资源、现存农业系统及建库后面临问题的分析，提出建立农林复合系统是保证三峡库区农业可持续发展的重要途径。

关键词　三峡　资源　农业　可持续发展

1　三峡库区的生态环境

三峡库区是一个特定的区域概念，指未来大坝在三斗坝建成以后，坝址至水库回水末端这一距离内，长江两岸分水岭所夹持的这一区段的长江流域，地理位置为106°～111°50′E，29°16′～31°25′N，东起湖北宜昌，西到四川巴西，包括19个县市，总面积5.4万 km²。

三峡库区属川东岭谷区和大巴山一巫山山区，北靠大巴山，南依云贵高原东部北麓。地貌类型多，垂直分布明显，以山地为主（占67.8%），丘陵次之（占29.5%），河谷坪坝所占比例甚小（0.9%）（陈国阶，1993）。库区地处亚热带季风气候区，具有冬暖春早，夏热伏旱，秋雨多的特点。年平均气温15～19℃，年降雨量1 000～1 200mm。土壤类型较多，全区以紫色土为主，还有黄壤、红壤、黄棕壤等，在海拔较高处，还有棕壤、暗棕壤和山地草甸土。

2　库区资源特点

2.1　生物资源

三峡地区的地带性植被为亚热带常绿阔叶林（吴征镒，1980）。但库区的常绿阔叶林面积不足0.01%，森林覆盖率为19.5%，主要为次生林、人工林和半人工林。灌丛面积大，优质草场面积不足。根据调查，三峡库区高等植物（苔藓除外）已知有190科1 012属3 012种（含29个亚种286个变种16变形），约为全国总数的10.25%，种子植物总数的9.85%。其中，纤维植物140种，淀粉糖类植物52种，油脂植物76种，芳香油植物54种，树胶植物68种，药用植物1 006种，还有木本油料植物、饮料植物，适宜造林树种11种（陈伟烈等，1994）。库区的名、优、特

* 本文在完成过程中得到陈海林、路鹏同志的帮助，特此致谢。

产品较多，水果类主要有101锦橙（兴山）、72－1胶橙（奉节）、秭归脐橙（秭归）、白马石榴（武隆）等。茶烟类主要有白肋烟（奉节、开县）龙珠茶（开县），等，药材类有味连（石柱）、庙党（巫山）等。

2.2 土地资源

三峡库区的土地类型较多，各类土地分布相对集中，交错分布明显。本区的土地类型有21个土地类，36个土地组，244个土地资源单位（徐琪，刘逸农等，1993）。三峡库区耕地净面积为$114.97\times10^4hm^2$，主要分布在长江及其支流的河谷坪坝、丘陵台地、低中山下部。旱地占三峡库区总面积的68.8%，主要分布在坡度较大、灌溉不便的低山和中山区。耕地垂直分布明显，以坡耕地为主（如表1和表2）。坡度＞15°的水田占25.9%，旱地占71.5%。库区19个县市人均土地只有$0.37hm^2$，其中耕地$0.084hm^2$，林地$0.069hm^2$，草地$0.0033hm^2$，大大低于全国平均水平。土地资源现状表现人多地少，人地关系极为紧张。

表1 三峡库区耕地及不同类型耕地垂直分布情况（徐琪，刘逸农等，1993）

海拔（m）	水田（%）	旱地（%）	耕地（%）
＜300	3.0	0.5	2.2
300～500	54.7	45.3	53.7
500～1 000	37.8	42.6	36.8
1 000～1 400	4.5	11.6	7.3

表2 库区耕地资源分布与自然坡度关系（徐琪，刘逸农等，1993）

坡度（°）	水田（%）	旱地（%）
0～7	33.3	4.7
7～15	39.8	23.8
15～25	21.5	46.5
＞25	5.4	25.0

3 农业现状及存在问题

3.1 现有农业模式

3.1.1 旱地农业

三峡库区由于山地较多，旱地农业用地主要为丘陵和坡地。随着海拔的升高，种植模式也发生明显变化（如表3）。一般情况，就单产而言，中海拔地区粮食产量较高，一方面光照较好，同时伏旱也不很严重。但在高海拔地区，必须实行地膜覆盖，保证一定的单产。

旱地既是农业用地，也是经济林木种植用地。在库区，主要用于种植茶叶、柑橘、油桐、杜仲、银杏等经济林木。

3.1.2 稻田生态系统

稻田生态系统是库区提供粮食的主要来源。经过长期探索，库区人民已经摸索出了一些适合当地特点的生产模式，如稻田一桑系统，稻田一农作物系统、稻田一鱼、鸭共栖系统等（张喜群，1994）。

表3 巴东县信陵镇不同熟制的粮食产量（kg/hm²）*

海拔（m）	熟制	马铃薯	玉米	红薯	小麦
200	一年三熟	1 860	2 288	3 030	
300～600	二年五熟		3 239	5 340	322
600～800	一年二熟	2 070	3 825		2 415
1 000	二年三熟	1 793	1 791		
1 700**	一年一熟		1 793		

*本表根据张喜群（1994）的实验数据换算。**必须地膜覆盖。

3.2 存在问题

3.2.1 现有农业模式造成水土流失严重

三峡库区的农业经济状况和生态环境状况与三峡工程的前景休戚相关。三峡库区的峡谷地貌结构决定了库区交通、信息闭塞，传统农业思想束缚严重。随着人口压力增大，人地矛盾日益突出，不断开荒种地，毁林造田，造成了“毁林—造田—水土流失—毁林”的恶性循环。在一些紫色沙页岩地区，坡耕地直达山顶，水土流失极为严重。库区大部分坡耕地土层薄，表层土壤一旦被水冲刷，很难再进行耕种。

不同土地利用造成了不同的水土流失。如表4，在各类土地利用中，农田的平均侵蚀模数最大，达7 500t/km²·a，占年入库泥沙量的46.16%。部分超过25°土壤多属薄层和粗骨土，水土流失严重，跑水、跑土、跑肥现象显著。如果不处理好农田的水土流失问题，将对三峡工程造成巨大隐患。

表4 三峡库区不同土地利用的年侵蚀量与入库泥沙量（史德明，杨艳生，1994）

土地利用	面积 (10^4km²)	占库区总面积 (%)	平均侵蚀模数 (t/km²·a)	年侵蚀量 (10^4t)	年入库泥沙量 (10^4t)	占年入库泥沙量 (%)
林地	1.30	23.2	75	975	243.75	5.95
灌丛	1.13	20.4	1 500	1 695	508.50	12.42
草丛	1.21	21.6	3 000	3 630	1 452	35.46
农田	1.26	22.5	7 500	9 450	1 890	46.16
水田	0.61	11.0				
水面	0.07	1.3				
总计	5.58	100		15 750	4 094.25	99.99

3.2.2 建坝造成人地关系更为紧张

根据175m方案，三峡工程淹没耕地共计2.38×10^4hm²，其中水田0.74×10^4hm²，旱地1.64×10^4hm²，柑桔地0.49×10^4hm²，移民二次占地0.73×10^4hm²（按0.1hm²/人计）。而被淹占的耕地多为高产、稳产的良田，粮食产量都在6 000～7 500kg/hm²，需要新开3～5hm²方可补偿1hm²。按人口年增长1.25%推算，除去淹占用地，2000年人均耕地下降到0.053hm²（徐琪、刘逸农等，1993）。按照人均占有粮食400kg，粮食生产能保证3.7%的增产计算，到2010年，缺粮人口达487万。这势必造成更为紧张的人地关系。

3.2.3 大于25°旱地退耕形势严峻

按照国家森林法和水土保持法规定，大于25°的坡地应逐步退耕还林，而三峡库区大于25°旱地有20.2×10^4hm²，若全部退耕，缺粮的形势将更加严峻。而现实是，很多地区不仅没有退

耕，新开辟的耕地还在逐年增加。本区旱地利用一个最突出的问题是陡坡种植，广种薄收。面对如此的形势，我们必须认真思考坡耕地的优化利用问题。

3.2.4 林、果、土、特产品有优势，但形不成规模经营，难于转化成经济优势

本区动植物种类较多，并保存有许多珍稀物种。亚热带林、果种类也高于长江中下游地区，品质较好。但野生的个体数量不多，目前除了柑桔、油桐外，很难形成规模经营，也就很难转化成经济优势。

4 解决的主要途径——农林复合系统的建设

综上所述，三峡库区在生态环境、资源方面有一定的优势，但问题也很突出，最主要的问题可归结为"人地矛盾突出，水土流失严重，隐患很大"。

水土流失是一种自然现象。水向低处流，水土相随，是无法逆转的（徐琪，1996）。但由于人类活动违背自然规律，超过可允许的水土流失量，则引起土壤资源破坏和生态系统退化。亚热带地区由于降水量较大，土地不合理的利用，造成了生态系统的严重退化（贺金生，陈伟烈，1996）。众所周知，植树造林、封山育林、封山育灌是解决水土流失的重要途径。但是，在人地关系非常紧张的三峡库区，1 421.2万人的吃饭问题形势也很严峻。退耕还林阻力很大。基于这样的基本情况，本文认为，对现有的农业模式进行改革，大力发展农林复合系统建设，是解决低山丘陵坡地农田生态系统水土流失问题的关键。

农林复合系统（Agroforestry）这里主要是指林粮、林药、林牧间作系统。在中国历史上，早就有农林复合系统建设的实践。如亚热带地区经常采用的稻田—桑复合系统、油桐—玉米复合系统。农林复合系统由于有木本灌木或乔木，有良好的植被覆盖，被证明具有较高的生产潜力，且具有保水保土的生态功能。

4.1 林粮间作系统

主要指在坡耕地或平地，采用带状林粮间作，这也是低山丘陵农业种植的一大特色。这里的林木主要指经济林木。三峡库区已有的模式主要有：

1. 水稻—桑系统
2. 玉米、小麦、红薯—油桐系统
3. 小麦、玉米—杉木系统
4. 小麦、玉米—柑橘系统

林粮间作系统，不仅充分利用了土地资源，又在一定程度上降低了水土流失。在万县分水乡的试验结果就表明，桐粮间作不仅保证粮食作物获得较高的产量，同时增加了经济收入，油桐的收入占总收入的21.8%（张喜群，1994）。

4.2 林草间作系统

主要指在坡耕地或平地，采用带状林草间作。三峡库区已有的模式主要有：

1. 豆科牧草—柑橘系统
2. 豆科牧草—茶叶系统
3. 豆科牧草—油桐系统
4. 豆科牧草—杜仲系统

经济林间作牧草（主要是豆科牧草，如白三叶），不仅增加经济林的产量，而且能改善土

壤的理化性质，具有明显的生态和经济效益，如表5。

表5　经济林间作牧草对土壤肥力的影响（陈伟烈等，1994）

项目	柑橘园地		茶园地	
	种草	对照	种草	对照
有机质（%）	1.49	1.05	3.2	3.1
全氮（%）	0.14	0.08	0.12	0.11
碱解氮（μg/g）	84.8	60.6	94.0	85.9
速效磷（μg/g）	16.4	6.8	80.0	53.1
速效钾（μg/g）	68.5	63.0	83.8	90.2

农林复合系统的建设，需要解决的问题还很多。如在三峡库区，对现有的农林复合系统模式的生态经济效益需要进行科学的评价，选择科学的、优化的模式进行推广。对优良的林果品种进行规模经营探索，选择好的品种进行复合系统试验，这些都需要进一步研究和尝试。但是，真正解决低山丘陵坡耕地的水土流失问题，保持农业的持续发展，农林复合系统建设是重要的途径。

参考文献

陈国阶.1991.三峡工程对生态环境影响的几个重要问题.科技导报，(5)：59～62

陈国阶（主编）.1993.三峡工程对生态与环境的影响的研究.北京：科学出版社

陈伟烈，张喜群，梁松筠，金义兴，杨启修.1994：三峡库区的植物与复合农业生态系统.北京：科学出版社，24～48

杜榕桓，史德明，袁建模等（编著）.长江三峡库区水土流失对生态与环境的影响.北京：科学出版社

贺金生，陈伟烈，江明喜，金义兴等.1998.长江三峡地区退化生态系统群落物种多样性特征.生态学报，18(4)：291～299

贺金生，陈伟烈.1996.中国亚热带地区的退化生态系统：类型，分布，结构特征及恢复途径.见：陈灵芝，陈伟烈（主编）.中国退化生态系统研究.北京：中国科学技术出版社，44～74

史德明，杨艳生.1994.三峡库区水土流失及产沙规律.见：杜榕桓，史德明，袁建模等（编著）.长江三峡库区水土流失对生态与环境的影响.北京：科学出版社，15～32

吴征镒（主编）.1980.中国植被.北京：科学出版社

徐琪.1996.三峡库区生态环境与农业持续发展.长江流域资源与环境，5(1)：1～5

徐琪，刘逸农等.1993.三峡库区移民环境容量研究.北京：科学出版社

张喜群.1994.三峡库区农业生态分区与复合农业生态系统.见：陈伟烈，张喜群，梁松筠，金义兴，杨启修（主编）.三峡库区的植物与复合农业生态系统.北京：科学出版社

CONSTRUCTION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE IN THREE GEORGE REGION: AGROFORESTRY

Hu Delong[1], *He Jinsheng*[2]
([1] Longmenhe National Forest Park, Longmenhe tree farm, Xiangping, Xingshan county, Hubei 443714)
([2] Institute of Botany, the Chinese Acadmey of Sciences, Beijing 100093))

After analysing resources, existing in agriculture systems and challenges after establishment of the reservoir in the George Region, the paper proposed to establish agroforestry systems in an important approach to keep sustainable development of agriculture in the region.

Key words: Three George Region, Resources, Agriculture, Sustainable development

生物多样性与生态系统的结构与功能初探

黄培祐

（新疆大学生物系，乌鲁木齐　830046）

摘要　本文以生物多样性与生态系统的相关关系为讨论内容，通过剖析生态系统形成与演替的过程、物种数量变化对稳定性的相关性、自然与人工生态系统生物多样性与稳定等有关内容，提出了生态农业建设的新构思及生态环境建设的生物多样性原则，以此支持生态系统的持续性。

关键词　生物多样性　生态结构与功能　生态建设的生物多样性原则

1　生物多样性与生态系统

1.1　生态系统的基本组分

生态系统由生物与环境两大组分构成。当环境因子不构成对生物生存威胁时，极度简化的生态系统亦必需具备生产者和分解者两类生物成员，其成员不能少于两种，它们分别为光合和还原即生产者和分解者。即使从理论上认为如此简化的生态系统可以存在，其功能亦将极其脆弱，在自然界中将难以正常运转、亦难持续存在。只有当生物种类渐次增加，生态系统的功能才能逐渐充实和完善。

1.2　生态系统形成与演替的物种现象

植物群落是生态系统的躯体。植物群落发生初期，通常是少数先锋种类首先进入裸地，随演替的进程，种类组成渐趋多样。对准噶尔盆地中部龟裂地的沙丘植丛发生与形成的研究，注意到一些植物在极其严峻的立地条件下定居后，随之引起积沙现象。一些原来不能在此生存的物种随沙堆的出现而进入，通过这些植物与环境的作用与反馈，推动沙丘植丛的发生发展（黄培祐，1995）。植物群落发生与形成过程（王伯荪，1987；Daubemmire，1968）普遍经历少数先锋种类定居成功而导致新的种类相继进入，随植物种类的增加逐渐形成其结构并完善其功能。

生态系统结构与功能的渐趋完善，从大量资料证实，是与该系统形成过程物种的有序加入相一致，系统内种的协调关系亦日趋完善。

1.3　物种数量衰减与生态系统的状态

当生态系统的生物种类出现衰减现象，有可能是植物群落处于某一演替阶段的盛期，植物群落的种类组成处于均匀化过程，由于群落内部偏离均衡状态的各个局部日渐向均匀状态时所造成，出现的时机通常是进入新的演替阶段、新的优势种日渐在群落中增强其作用时发生，从而造成一些高等植物在这一群落中消失导致种的数量下降（曲仲湘等，1983；Daubem-

mire，1968）。除因植物群落演替阶段这一特定时期，因种类组成的均匀化转变而导致种的数量减少外，任一生态系统物种数量的减少多与该系统的衰变过程相关，有可能标志该系统已处于逆行演替状态。

2 生态系统的稳定性与生物多样性

2.1 系统的稳定与生物多样性

生态系统的稳定性与物种的多样性的相互关系，存在不同的见解。有人认为物种多样性与生态系统的稳定性存在不确定关系（邬建国等，1992），甚而认为物种多样性会破坏稳定性（梅等，1976），但在自然生态系统中似乎是多样性的增加导致稳定（Mark Rees，1995；Macvntyre *et al.*，1995）。构成某一生态系统物种数较少，在一定程度表明其较为脆弱，而种类组成繁多的系统即普遍较稳定，前者如寒带冻原、后者如热带雨林。当一系统的物种组成处于上升状态，通常与其稳定程度的增加相一致。群落形成期这一性状较为明显，当该系统的物种构成明显减少，除群落演替阶段的盛期由于均匀程度的提高而产生的相应现象外，通常显示该系统或生物群落处于衰退，由稳定转向其反面。

2.2 与稳定性相关的物种变化现象

同一系统，随物种的增加，其协调关系将有所改善，对系统内的稳定性将有所补益。在新疆地区曾出现如下实例，20世纪70年代初，新疆吐鲁番地区针对自然植被严重受损，曾在当地营建沙拐枣（*calligonum* spp.）、梭梭（*Haloxylon ammodendron*）和柽柳（*Tamarix* spp.）等为主的荒漠灌林以其改善生境，营造人工林引发鼠类迅速增加，人工林地遭受严重破坏，但随人工植被的扩展，80年代中、后期，鼠害现象渐渐减轻。有关研究人员注意到鼠类数量增加后，引起天敌逐渐增加，包括前一时期已近于绝迹的鹰类重新出现。显然，物种的增加使食物链逐渐修复，种间的制约关系，使鼠害现象随之减轻，系统内物种间相互关系得到重新协调。

鼠类的存在将对植物造成某种损害，包括对植株的幼嫩部分被啃食和种子被啃食，但在准噶尔盆地中部玛纳斯湖湖盆区的梭梭（*Haloxylon ammodendron*）荒漠，我们观察到另一重要现象（黄培祐等，1987）。当地荒漠植被基本未受人为干扰，各个龄级的梭梭植株同地共存，梭梭成年植株高达4.5m，冠幅达8m×8m，直径达50cm 以上。同样高大的枯立木及不同枯解程度的枯株亦同地并存，表明该地长期以来一直是梭梭的繁生场所。但该地幼苗极少，且所有幼苗多在鼠洞口的松沙堆生长，偶见于微形风积沙堆上，其他地表根本无法找到幼苗。研究表明，这是因为当地沙丘已被固定，沙表板结不利于种子着床，亦不利于水分下渗，因而无法支持幼苗生长。此地的荒漠植物是鼠类唯一食物来源，亦通过植物基叶的含水供给水源，因而有一定数量啮齿动物挖地为穴栖居，挖出的松沙在洞外堆集，从而改善雨雪水源沿松沙下渗，有利于种子着床萌发和幼苗生活，故而沙堆成为孕育幼苗的摇篮。鼠与植物在此构成共存共荣关系，维持了以梭梭为主体的荒漠生态系统的稳定。

3 自然与人工生态系统的比较

3.1 物种多样性与自然生态系统的稳定

3.1.1 不同气候带的植被

热带雨林、荒漠与冻原，或从湿润热带、温带而至寒带，植被的种类构成将依水热条件的有序变化而相应呈递降趋势，通常用种的密度表示。巴西的热带雨林在8km²内记录到木本植物400种（瓦尔明，1909），木本植物的密度为50种/km²，我国西沙群岛的永兴岛在3km²内有高等植物38种，密度为12.7种/km²（张宏达，1948）；塔里木河沿岸数百km²的观测区，据不完全统计仅有68种有花植物（潘晓玲和黄培祐，1989）。自然状态下，植物群落或生态系统的物种多样性与其稳定性常呈正相关，热带雨林具有丰富的生物种类（UNEP/GEMS，1994）和多层的垂直结构（理查斯，1952），而荒漠或冻原物既种稀少层次结构又简单，且食物链亦短促（祝延成等，1983）。热带雨林有较高的稳定性而荒漠、冻原极其脆弱，有关这些性质已成共识。

3.1.2 同类生态系统不同演替阶段

物种数量与稳定性亦呈相关，在植物群落形成初始阶段，通常仅有少数先锋种类存在，这类早期先锋群落，无论其结构与功能都极不完善，这类群聚基本受控于立地的物理环境，立地生境因素处于巨大的日变幅，且这类群聚种的构成极不均匀，群聚亦不稳定（Daubemmire，1968），如此少数生物与环境构成的生态系统显然极不稳定，严格说尚未形成结构，无论从形态结构与营养结构角度考察均如此。此期的功能亦不完善且极微弱。然而，随群落形成与演替的进展，物种组成将不断丰富，结构与功能亦将逐渐完善，抗御干扰和受损后的自我修复能力亦渐次增强。

3.2 人工生态系统的物种多样性与稳定性

同一气候区的人工生态系统普遍较自然生态系统的物种数量少，且人工生态系统的结构多由人为因素所操纵，在农业生态系统这种现象更为突出，所以以农业生态系统为例加以剖析。

3.2.1 农业生态系统

农业生态系统是人工生态系统的一类，其中干旱区的绿洲农业生态系统是以自然绿洲生态系统为蓝本建立起来的。由自然绿洲改造而成的农业绿洲，当然是以原来绿洲为发展基础，目前在新疆克里雅河下游的大河沿绿洲及内蒙阿拉善地区居延绿洲，仍然具有由自然绿洲为基本孕育人工绿洲的显著特征。在荒漠中人工建立的绿洲农业生态系统，如准噶尔盆地莫索湾绿洲可作代表，它是按自然绿洲的规律建造而成。由于干旱区自然环境的严酷，不适农业生物的繁殖，只有依赖于绿洲的框架以削弱极端气候的胁迫，才能构成农业生产的基础，并以绿洲为依托，支撑着干旱区人类的社会经济活动。但不论何种农业生态系统，物种的多样性普遍衰减，不但物种数量的普遍减少，且农业系统中的物种多以人为意愿而引入，拼凑在一起的物种难以形成协调和制约关系，因而其结构亦是人为意愿所左右。食物链通常是不存在或不完善，或由人工强作配置，生态系统的结构与功能都与自然系统存在较大差异，且农业生态系统的生产功能，实际是经人为支配而维持，农药与化肥是维持当前农业生产的重要手段。因而应当解除人工的抚育与调控，这类人工系统将难以靠其本身结构与功能持续运转。各类农业生

态系统普遍表现出人为因素的支配作用，但不同形态的农业生态系统间亦有巨大差别。

3.2.2 原始型、传统型与集约型农业的比较

刀耕火种是原始型农业一类，时至今日仍在一些地区存在。通过砍伐树冠、烧荒，藉以减少树冠遮光并用其灰烬作肥料，然后用刀类挖穴播种农作物。刀耕火种局限于山林一角，周围存在原生或次生的林木包围，且播种场地仍保存林木的树桩，因而作物尤如处在林窗之内。当作物收成后，该地依靠树桩垂萌及周围向此提供的繁殖体，使此片林窗迅速进入次生演替状态而复原。种类组成变迁不大，结构受损后经一段时间可以依靠其本身而恢复，形成次生林地。刀耕火种生产力极低且对山林构成很大破坏，使林木无法成材，绝不宜提倡，但就物种的相对稳定和自然调控能力基本维持，较其他类型农业具有重要差别，林农格局有一定借鉴作用。

传统型或精耕细作型农业，农区已基本改变自然系统的面貌，且大范围连片耕作，已将原生的物种大部清除，仅在地边田埂或村舍边、道路旁、无法耕作的零星土地仍残存一定野生种类。较之刀耕火种形式，原生物种已被最大限度清除，无论农田或整个农业活动空间、自然生态系统的结构与功能已荡然无存，仅有若干生物种类呈残遗状态保留于未耕的野地生存。但传统农业的经营在一定空间范围内仍有较多种类相间分布，形成插花地布局，在一定空间维持相对多的物种存在，仍可通过倒茬调节地力维持较高的生产能力。这类农业系统已完全改变自然面貌，残留的自然物种数量极少且多呈零星分布，难以通过种间关系而实现有效调节。一当解除人为的支配作用，这类系统行将瓦解。在此推行退耕还林或退耕还牧，残留的一些种类在某种程度可以扩展为一定规模灌丛草地，但在人类可观测的一段时间将无法有效恢复。南方一些童山尽管通过封育多时并形成一定规模的灌林，但不经人工引入种源、无法发展为亚热带常绿山林。

集约农业强调规模经营，经济效益处于优先位置，通常实施大面积单种连片种植，从而使单位面积内种的丰富度较传统农业更为贫乏，而种的极度贫乏将意味着生态系统的濒临危机。大田农业生产功能已呈作坊化，已基本摒弃生态系统的原则。依靠农药而替代生态系统的种间调节关系；依靠施用化肥以满足矿物盐需求而取代土壤有机质和微生物群的生态机能，导致土壤结构的破坏。石油农业已引发严重的生态效果，自70年代以来引发全球性深思（斯利—沃辛敦，1981）。农业生态系统作为全球性的生态系统的一个重要部分，在石油农业的冲击下已极大程度丧失生态系统的基本属性，而农业生态系统占据陆地表面11%以上的空间范围，它的变化将对全球生境带来深刻的影响。尽管可以认为农田作物的格局类似于生态系统结构，人、牲畜和农作物可以构成食物链，但与生态系统的实质相去甚远，显系对生态系统基本理论曲解，误认为人类可以主宰生态系统并自我排除在生态系统之外，依存于有限的农业生物和“生物生产作坊”即可以存在。摆脱生存系统人类能否存续是一回事，而人类处于如此环境中纵能生存亦未免过于怆凉，显然这并非人类未来的抉择。

3.2.3 生态农业的新构思

生态农业应以系统生态学理论作为农业生态系统的理论基础。个体生态学与传统农业技术的结合，使作物充分发育而实现丰收当然是重要的，但仅是农业生态学的局部，它无法替代生态系统生态学理论的地位。对干旱地区的绿洲农业的持续发展，生态系统生态学的理论地位将更为明朗突出。由于这一地区气候恶劣，只有依靠林地构成绿洲形态的骨骼并以此保持绿洲的存在，以林地效应调节绿洲空间的气候，使之有益于农业生物的适宜发育环境，从而获得好收成，在湿润区林地的效应常被忽略，但从农业生态系统的整体考虑即不应忽视。农区适

当的林地配置或林果与农田配置，既有调节气候作用，亦有增加农业生态系统的生物多样性作用。除可以由多树种组成林地外，亦由于形成乔灌草结构构成多物种自然共生环境，除起调节气候作用外，亦造成多物种集结繁生场地，造就较稳定的天敌栖留地和适宜有控制的草食动物牧放地，借此以调济农业系统物种贫乏造成种间关系失调的影响，使农田在某种程度转变成林窗结构，借助于林果等长期生长的特点，重新构建生态系统的空间格局，形成一定结构和功能单元。通过林农牧搭配构建农业生态系统，一方面增加生物多样性以增强系统的自我调控能力，另一方面促进系统内物质的充分利用，使农林牧各业得到协调发展，从而完善特殊类型生态系统的功能，利用物种的相互关系形成一定程度的生物调控机能，配以适当的倒茬以减轻病虫害发生和增加有机肥施放等措施，以实现减少农药化肥的施放，使形成符合生态系统片断理论的科学的农业生态系统，不但为农业生产本身实现无害高效生产，亦从全球环境出发营建更适宜于人类生存的健康的全球范围的生态系统。

4 生态环境建设必需遵循生物多样性原则

生态建设应以重新构建适宜于人类生存的生态系统，使人类及其依存的生态系统具有持续存在与发展的根本特征。

通过前文的分析，可以清晰地了解，生物多样性对生态系统组成、结构、功能及其稳定性均存在密切相关性，为实现人类社会持续发展目标，在各项生态环境建设活动中，必须同时注意生物多样性的维护并以此作为其生态环境建设的根本原则。

各气候带残存的自然或近于自然的生态系统片段（曹新孙等，1992），可作为生态建设物种组合的参照。尽可能选择当地曾经共生的物种，使其在重建的生态系统中充分发挥种间协调作用，使每一类型的生态系统的和谐不是形式而是内部亦协调的系统。不排除引入外地的优良物种，但从各地引入新物种的历史教训（张宇和和盛诚桂，1983），引入物种的遴选必须慎之又慎。

参考文献

黄培祐. 1995. 从龟裂地植物群落建群现象剖析生态演替中有关问题. 新疆环境保护，17（3～4）：426

王伯荪. 1987. 植物群落学. 高等教育出版社

曲仲湘等. 1983. 植物生态学. 第二版. 北京：高等教育出版社

邬建国等. 1992. 自然均衡观与现代生态学理论. 见：刘建国（主编），当代生态学博论. 北京：中国科学技术出版社，16～29

黄培祐等. 1987. 新疆玛纳斯湖的干涸对周围植被的影响初探. 干旱区地理，10（4）：30～36

瓦尔明 E.. 1909. 陈庆诚等译. 1965. 植物生态学. 北京：科学出版社

张宏达. 1948. 西沙群岛的植被. Sunyatsenia ，7（1～27）：85～88

潘晓玲，黄培祐. 1989. 塔里木盆地北缘植被生活型组成的分析. 干旱区研究，6（4）28～33

理查斯. P. W. 1952. 张宏达等. 1959. 热带雨林. 北京：科学出版社

祝廷成等. 1983. 生态系统浅说. 科学出版社

斯利-沃辛敦 M. 1981. 张壬午译. 1984. 生态农业及有关农业技术. 北京：农业出版社

曹新孙等. 1992. 内蒙古大青沟残遗森林植物群落与西辽河流域造林问题的初步探讨. 植物生态学与地植物学

丛刊，6（3）：185～206
张宇和，盛诚桂. 1983. 植物的种质保存. 上海科学出版社
Daubemmire R. 1968. 陈庆诚译. 1981. 植物群落. 北京：人民教育出版社
R. M. 梅等. 1976. 孙儒泳等译. 1982. 理论生态学. 北京：科学出版社
Mark Rees. 1995. Community structure in sand dune amcuals is seed weight a key quantity?Journal of Ecology，83：857～862
Macvntyre S. *et al*. 1995. Plant life-history attributes their relationship to disturbance response in herbaceous vegetation. Journal of Ecology，83：31～43
UNEP/GEMS. 1994. 生态系统多样性. 世界环境，（4）：22～25

BIOLOGICAL DIVERSITY AND STRUCTURE AND FUNCTION OF ECOSYSTEM

Huang Peiyou
(Department of Biology，Xinjing University，Urumqi 830046)

The discussions given in this article were based on the correlation between the biological diversity and ecosystem. Through analyzing the ecosystem establishment and the succession processes，the species quantity changing and the related effects to the stability of species，and related content about the biological diversity and stability of natural and artificial ecosystems，this article puts forward the new plot of the ecological agricultural construction and the biological diversity principle of the ecological construction in order to realize the sustainable goal.

Key words：Biological diversity，The structure and function of ecosystem，Biological diversity principle of the ecosystem construction

转基因植物对近缘野生种群基因结构及群落组成和元素循环的影响

李鸣光[1]　张军丽[1]　刘秋云[2]　昝启杰[3]　王峥峰[1]

（1　中山大学生命科学学院，热带亚热带森林生态系统实验中心，广州 510275）

（2　中山大学生命科学学院，生物工程中心，广州 510275）

（3　深圳福田红树林自然保护区，广东 518040）

摘要　生物工程重组 rDNA 的方法创造的转基因植物在农林业方面的应用前景极其广阔。转基因植物对野生种、群落、元素循环产生影响有一定的前提条件：它必须生长在自然或开放栽培等非封闭条件下，且转基因植物必须能生长定居并能产生有性或无性繁殖体且其转基因子能遗传，或其转基因能通过转基因植物与非转基因植物之间的基因流传递并遗传。作者预测，在满足上述条件的前提下，如果转基因植物本身比周围亲缘野生种有绝对选择优势，则转基因植物能逐渐以其繁殖体取代野生种；如果转基因植物无选择优势，但与亲缘野生种杂交可育且转基因子能遗传，则杂种后代有选择优势的转基因植物有可能最终根本改变野生种的基因组成，而后代无选择优势者的影响则可以忽略；抗除草剂的转基因植物一般不会对栽培群落造成真正的危害；抗逆境转基因植物只限于逆境条件下才对其野生种有影响；抗病虫害基因是最有可能对野生种及周围群落产生重大影响的一类；若转基因植物具有干扰参与元素循环的微生物的特性，则元素循环的正常过程可能受到影响。

关键词　转基因植物　野生种　环境　群落　元素循环

近年来，生物工程重组 rDNA 的方法，前所未有地开辟了通向创造新生物体的途径。转基因植物的出现，彻底改变了传统人工育种的局限性，尽管基因转入后能否按预期得到表达并能遗传仍有大量必须研究的问题，但其极其广阔的应用前景是无疑的。我国和美国是最早在大面积生产上使用转基因植物的国家，我国转基因烟草的种植面积已占烟草种植总面积的5%，达1 000 000hm^2（钱迎倩，1997）。

转基因植物在农林业等的应用可能产生的广泛影响是一个亟待研究的新课题，已受到我国及世界发达国家（钱迎倩，1997；Seidler 和 Levin，1994）的高度重视。受到关注的焦点之一是转基因植物应用于生产活动后，转基因植物本身的繁殖或其转基因通过与非转基因植株杂交、渐渗杂交等途径传播，将对周围生物与非生物环境造成何种影响。对这一重要的问题，当今尚未有完美的答案。

在此，我们针对转基因植物生长于非封闭环境中对相应的野生种群、周围群落、元素循环等所能带来影响作出分析、预测。

1 生物工程重组 DNA 植物与以往的植物种在形成上的不同

在地球的生物史上，新物种通过基因新组合的形成而诞生，其后在与其生物和非生物环境的相互作用下受到自然选择，使在当时当地处于劣势的等位基因组合频率减少、处于优势的则不断增加，使之对变化了的环境有更高的适合度，直至该物种不再能适应其环境的变化而灭绝。这些是在漫长的地质历史时期中发生的，在这过程中，除了少数新的基因组合产生独特的表型而被认定为新种形成外，绝大多数只是涉及等位基因的替代。

人类在长期选育栽培植物种的过程中，主要以人类的喜好为标准，从有变异的性状进行选择，使某个等位基因替代原有的等位基因，但并未创造出可称为新物种的生物体，且其结果几乎都以降低该植物在自然环境的适合度为代价，因而众多的栽培植物离开人类的保护就明显处于劣势。而在没有变异的性状上人们则无能为力，而杂交选育植物种又局限于近缘种之间。

用基因工程的方法不仅能完成常规的育种方法，还有可能将某些近缘或远缘植物种乃至微生物或动物的基因，完整地插入另一植物种的基因组中。这一类不涉及等位基因的替代的方法，能够保护原植物的基因组，因而有可能使创造出的基因组合不仅不处于劣势，反而处于优势。这一方法极有可能创造出新的植物种，更有甚者，用这一方法还可以对大量的保守基因进行改造重组，从而创造出具各种特殊性质的植物种。

2 制造转基因植物的目的

转基因植物是生物工程研究领域中的重要产物。目前选育的转基因植物有以下几个主要目的。

（1）改良农作物的营养品质　如导入高赖氨酸、高色氨酸、高含硫氨基酸等基因以增加谷类种子中所缺乏的一些人类必需的氨基酸。

（2）抗除草剂　如导入经修饰过的乙酰乳酸合成酶（ALS）以抗磺酰脲类除锈剂。

（3）抗虫害　如导入苏云金杆菌毒蛋白基因，使植物产生可致昆虫瘫痪和死亡的蛋白。

（4）抗虫害　如导入几丁质酶和 β1-3葡聚糖酶基因以抗真菌。

（5）抗虫害　如导入抗冻蛋白基因提高耐寒能力。

（6）改善花色、花形　如导入影响类黄酮合成途径的一些酶的基因，提高植物观赏性。

（7）构建雄性不育系　如以 RNase 基因降解绒毡层细胞 RNA 形成雄性不育系。用 RNAse 抑制剂基因构建恢复系。

（8）作为生物反应器　如利用植物系统生产动物蛋白、药用蛋白、疫苗等。

3 转基因植物对周围亲缘野生种、群落、元素循环产生影响的前提条件

转基因植物对周围近缘野生种、群落、元素循环产生影响有一定的前提条件：首先，转

基因植物生长在自然或开放栽培等非封闭条件下；其次，转基因植物必须产生能生长定居的有性或无性繁殖体且其转基因子能遗传，或其转基因子能通过转基因植物与非转基因植物之间的基因流传递并遗传。否则，转基因植物将自动消失，不可能对野生种、群落或元素循环产生深远的影响。

以下是建立在转基因植物满足上述前提条件下进行的讨论。

4 转基因植物在非封闭环境条件下对周围近缘野生种可能产生的影响

4.1 转基因植物有选择优势

对于转基因植物本身与其周围野生种相比有绝对选择优势者，不论是有性或无性繁殖的转基因植物，则转基因植物都能以其自身及其繁殖体直接取代其野生种。同时，也有可能通过渐渗杂交的途径逐渐改变野生种的基因组成。

4.2 转基因植物无选择优势

与野生种比较，当转基因植物本身无选择优势，行无性繁殖者不能取代野生种，对行有性繁殖者则首先需视其与野生种之间是否能杂交产生有繁殖能力的后代而定。

转基因植物与野生种的杂交必须满足一系列的前提条件。首先，转基因植物必须能产生有活力的花粉；其次，花粉与野生种的柱头应有一定的亲和性，并能产生一定量的种子；最后，所形成的种子必须能萌发生长成植株。以上任何环节不能完成，则转基因植物就不能改变其野生种的地位与特性。

杂种一代与野生种之间的关系与上述转基因植物与野生种之间的关系没有原则区别。只要杂交过程能进行，则杂种后代是否具选择优势成了决定性的因素：有选择优势且转基因因子能遗传者可能最终根本改变野生种的基因组成，无选择优势者至多只能在野生种中导入稀有基因，可以忽略其对基因组成的影响。

提高经济价值成分的含量并不提高其适合度，据此预期不会改变野生种的基因组成。

除草剂一般不在自然群落中使用，因此抗某种除草剂转基因向野生种流动并不增加野生种在自然群落中的适合度，无选择优势可言，不影响野生种在自然群落中的地位。但是，通过渐渗杂交能提高野生种对除草剂的抗性，增加野生种在使用该除草剂的栽培群落中的适合度，从而提高对农作物的竞争能力。但是只要不创造出对多种除草剂都具抗性的转基因植物，通过轮换使用不同的除草剂，抗某种除草剂的转基因植物不会对栽培群落造成真正的危害。

抗逆境基因已逐步为人类所了解，可以预期将有各种抗旱、抗热、抗寒，抗重金属的转基因植物的出现。即使转基因植物没有选择优势，其与野生种的杂种后代可能产生有更高的适合度的后代，通过渐渗杂交改变野生种的基因组成。但是，对重金属抗性植物的研究表明，抗重金属植物在一般土壤条件下与其非抗性野生种相比处于选择劣势。由此推论，抗逆境转基因植物可能只限于逆境条件下才对其野生种有影响。

任何由转基因植物来的抗病虫害基因最有可能提高野生种对病虫害的抵抗能力，因而增加其适合度，这是极可能对野生种产生重大影响的一类。

5 转基因植物在非封闭环境中对植物群落的影响

转基因植物对群落可产生直接或间接的影响。直接影响是指转基因植物本身成为周围群落的一员；间接影响是指通过杂交或渐渗杂交使基因向野生种转移，野生种获得新的特性，而这种特性提高野生种的适合度，从而改变其在群落成员中的地位。

虽然外来种在原生群落中成功定居繁殖并最终成为该群落中的一员的可能性极其微小，但在次生群落中定居，并具竞争优势而成灾的例子并不鲜见。1985年引进福建省霞浦县的大米草用于护堤、兼作饲料、燃料，由于大米草大量繁殖，破坏了原来的滩涂生态系统，造成了巨大的经济损失（黄舟维，1990；钱迎倩，1997）。Williamson（1994）列出了14个在英国成为灾害的引入植物种，包括了水生和陆生、一年生及多年生植物。尽管与引入种的总数相比，这一数量极小，但其所带来的负面效应随着原生群落的减少和次生群落及栽培植物群落的增加，外来种侵入的可能性也就增加。因此，转基因植物对植物群落可能造成的直接影响不能低估。

但是，也并不是所有的转基因植物都会对周围群落有大的影响。能改变野生种所受到的限制阈值的转基因最有可能造成影响。那些只有提高诸如蛋白或油脂含量的转基因预期不提高植物对环境的适合度，抗除草剂转基因能提高野生种对除草剂的抗性，但在不施除草剂的群落中预期不增加适合度，两者都不对周围群落产生影响；抗逆境者在逆境环境中预期会比野生种有更高的适合度，从而有取代野生种的可能，或使野生种在该逆境中提高适合度而繁衍，但其影响将局限在逆境条件下，抗病虫害转基因植物则是一个最有可能产生深远影响的一类。

用 *Bacillus thuringiensis* 转基因的油菜（*Brassica napus*）对鳞翅目幼虫有抗性，Stewart 等（1997）将普通及转基因种子播于自然草本群落中，从6 000粒转基因种子中仅有2株越冬后产生种子，并不显示强大的影响自然群落的能力。但是从美国佐治亚州路边出现了油菜种群来看，转基因油菜子是有可能在受干扰的群落中定居的。

抗病虫害转基因植物对周围群落产生重大影响至今并无直接证据。但从美国东部地区的乔木种 *Castanea dentata* 因受到源于亚洲的真菌 *Crythonectria parasitica* 的侵害而沦为不繁殖的灌木来看，一旦培育出抗这种真菌的品种，*Castanea dentata* 极有可能再次成为主要的优势种。

6 转基因植物在非封闭环境中对元素循环的影响

转基因植物本身、其凋落物及残体是土壤有机物最主要的来源，它们最终将被分解者分解而使元素得以释放。起分解者作用的大量土壤微生物尚未被人们完全认识，对转基因植物对分解者的影响如何更是知之甚少。若转基因植物对分解者有影响（Trevors 等，1994），如具有抗微生物的特性，估计元素循环的正常过程将受到干扰。在一些特殊生境中，例如寒冷环境下，元素归还环境受阻将使可供植物使用的元素含量减少。土壤中微生物具有各种分解 DNA 和 RNA 的酶，因此转基因及其如蛋白等各种产物在土壤中存留应不会太长，据此估计转基因进入当地微生物体中的可能性不大，即使进入了，也未必对元素循环造成影响。但是，转基因 DNA 转入当地微生物体中并因而影响元素循环的可能性仍然存在。

7 结论

生物工程技术的发展，已经产生了许多转基因植物，转基因植物无疑为农、林业生产开辟了新的途径，最终将大量地在农、林业生产上广泛应用。不是所有的转基因植物都能对周围的野生种、群落、元素循环产生深远的影响。但转基因植物对周围生物及非生物环境所能产生的影响仍未被人类所掌握，如何扬长避短，利用这一生物技术造福人类，已经摆在科学技术工作者面前了。

参考文献

黄舟维. 1990. 谁能除掉大米草. 中国农牧渔业报，10月23日

钱迎倩. 1997. 生物安全. 见：蒋志刚，马克平，韩兴国（主编）. 保护生物学. 浙江：科学出版社，168～175

Seidler, RJ, M. Lewin. 1994. Potential ecological and nontarget effects of transgenic plant gene products on agriculture, silviculture, and natural ecosystems: general introduction. Molecular Ecology, 3 (1): 1～3

Stewart, Jr CN, All JN, Raymer PL, S. Ramachandran. 1997. Increased fitness of transgenic in secticidal rapeseed under insect selection pressure. Molecular Ecology, 6 (8): 773～779

Trevors, JT, P. Kuikman, B. Watson. 1994. Transgenic plants and biogeochemical cycles. Molecular Ecology, 3 (1): 57～64

Williamson, M. 1994. Community response to transgenic plant release: predictions from British experience of invasive plants and feral crop plants. Molecular Ecology, 3 (1): 75～80

THE IMPACTS OF TRANSGENIC PLANTS ON RELATED WILD TYPE POPULATION, COMMUNITY COMPOSITION AND MINERAL CYCLE

Li Mingguang[1], *Zhang Junli*[1], *Liu Qiuyun*[2], *Zan Qijie*[3], *Wang Zhengfeng*[1]

([1] Experimental Center of Tropical and Subtropical Forest Ecosystem, School of Life Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275)

([2] Biotechnology Center, School of Life Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275)

([3] Futian Mangrove Nature Reserve, Shenzhen, Guangdong 518040)

Recombining rDNA paves the way to create transgenic plant that has broad prospective uses in agriculture and silviculture. The pre-requistite for a transgenic plant having impacts on its surrounding wild types, community and mineral cycle is when a transgenic plant being grown in the field, it would be able to produce progeny which is able to establish, or its transgene being able to transmit to and inherit in non-transgenic plant. We have formulated their predictions based upon the above circumstances. A transgenic plant may replace its wild type when it has selection

superiority; when a transgenic plant has no selection superiority but can produce viable progeny through cross-fertilization with its wild types and the transgene inherits, then its offsprings may eventually change the genetic composition of the wild population when the offsprings have selection superiority, but there will be no change if the offsprings have no selection superiority. a transgene that is resistant to herbicide generally will not really affect cultivated communities.

A transgene that tolerate to inverse environmental condition may restrict its impact on that environment. A transgene that is resistant to pest and disease is the most likely one which may have great impact on its related wild types and communities. A transgene that may affect the microbial activity of which is involved in mineral cycle may have impact on that cycle.

Key words: Transgenic plant, Wild type, Environment, Community, Mineral cycle

杭州石荠苎种群土壤种子库通量及动态*

陆大根** 葛 滢 常杰 秦国强 邢晓林
(浙江大学生命科学学院，杭州 310012)

摘要 本文对杭州石荠苎土壤种子库通量及动态进行了研究。结果表明：(1)随着时间的推移，土壤种子库在不断地输出，至生长季末期，种子库存率渐近于25%；新出生的种子，经过一个生长季后，其中，17%转化成幼苗；因真菌等原因而腐烂衰老死亡的为7.99%；因动物捕食、雨水冲淋等原因而缺失的占41.98%；仍具有生活力的为33%。(2) 在不同生境下，萌发率的高低顺序为林缘＞林下＞开阔地，腐烂率为林下＞林缘＞开阔地，休眠百分数为开阔地＞林下＞林缘。开阔地生境不利于种子的萌发，但适于种子的保存和休眠。开阔地生境具有一个持续的种子库。

关键词 杭州石荠苎种群 种子库

土壤种子库是植物种群更新的重要基础，是当今植物种群生态学和植被生态学研究的热点之一（安树青等，1996)。如对红松种子分布及森林特征的研究、对松嫩平原几种植物群落种子库的研究、对兴安落叶松种子在土壤中的分布及其种子库持续性研究（刘庆洪，1988；杨允菲和祝玲，1995；徐化成和班勇，1996)；对不同演替阶段、植被类型土壤种子库的研究、比较、总结和评述（安树青等，1996；熊利民等，1991；安树青等，1994；钟章成，1992)。本文试图通过对杭州石荠苎种群土壤种子库的通量及动态的研究，为该种群的自然保护提供理论依据。

1 样地概况与研究方法

1.1 样地概况 本研究地点为杭州市葛岭(120°10′N,30°15′E),该地区分布着杭州石荠苎的最大种群。在葛岭上,杭州石荠苎主要分布在开阔地、林缘和林下3种生境(常杰等,1995)。

1.2 样盒的设计 杭州石荠苎种子较小,近球形,直径在1～2.6mm之间。种子最大千粒重不超过1.2g。在进行土壤内种子库通量的测定时，铝盒直径为8cm，表面积约为50cm²，高度为2cm。在进行新出生的种子动态变化测定时，铝盒直径为5.6cm，面积约为25cm²，高度为5cm，底部凿10～15个孔，借以保证雨水渗漏。

1.3 土壤种子库通量的测定 在植株尚处立枯、种子已散布完毕期间，在定位样方附近，挑选地形平坦和土壤条件较为一致的地段，从1995年2月（种子尚未开始萌发）起，每隔一定时间随机取样，至1996年1月底，植株仍处于立枯进行最后一次取样，每个生境重复4次。

---

* 国家自然科学基金重大项目（39391500）和浙江省自然科学基金资助项目。
** 现工作单位：杭州市环境保护局，杭州 310004。

每次将所取土样编号并带回实验室，经自然风干后用50目和10目的土壤筛分离土壤和种子，统计种子数。

1.4 新出生的种子（种子年产生的种子）的动态变化测定 按照生境类型，分开阔地、林下、林缘，人工埋设种子。另外，由于葛岭北坡从未见到杭州石荠苎生长，为了确定原因，增设北坡一个样地。取铝盒20个，在将铝盒埋入土中之前，底部事先铺一层2cm 厚的土，后放上50粒种子，再覆一层薄土并标号，之后将铝盒埋入已挖好的穴中，每个样地放置5个铝盒。每隔2个月统计铝盒内萌发的幼苗数，并取出铝盒，去除幼苗，统计盒内的种子数。

2 结果与分析

2.1 土壤种子库通量

杭州石荠苎种群土壤种子库存量、种子库存率、种子库消减率随时间的变化特点见图1。由图1可知：在整个生长季内，土壤种子库在不断地递减，呈现出库存量从生长季初期陡减，到6月份以后缓慢减少的过程；土壤种子库存率随生长季时间推移显著递减，并渐近于25%；至生长季末期，土壤中仍保留着一定的有活力的种子。土壤种子库存量的变化决定于种子库的收支，收入是种子雨（进入单位生境的种子数量）；支出是被动物捕食的损失量、因真菌病害或其他外界因素影响引起的腐烂衰老死亡和萌发的种子量，收支相抵的余额才是土壤中仍保存一定数量有活力的种子。如果将土壤中被雨水冲淋、动物捕食等因素引起的种子变动视为恒量，则种子的输出主要体现在种子的萌发和腐烂衰老引起的缺失。由图示可知，在生长季内，种群土壤种子库存量随时间的消减，出现两个消减高峰：一个出现在3月中下旬，另一个出现在6月下旬至7月上旬。3月上下旬由于土壤内的杭州石荠苎种子遇到适宜的水、气和温度等条件，种子大量萌发转化成新生苗，因而消减了种子库存量的25.46%；到了6月下旬至7月上旬，在此期间，杭州市区的降水量为全年最多，日均气温为24.2℃，此种环境造成土壤内的杭州石荠苎种子大量腐烂衰老而死亡，从而又消减30.37%；最终，到新种子产生时，前一年的种子只剩下总库存量的25%。

在通常情况下，由于开阔地生境为全日照，土壤温度高于林缘和林下，高温抑制种子萌发，其萌发率顺序为林缘生境＞林下生境＞开阔地生境（葛滢等，1998），开阔地生境的种子输出量低于林缘、林下，因而该生境下的种子库存量最高；在林下弱光条件下，由于杭州石荠苎基本不能存活到生育期（常杰等，1995），每年林下的杭州石荠苎种子绝大部分来自其他生境（葛滢等，1998）。因此，林下生境的种子库存量最低（表1）。从种子腐烂率角度来看，两年的研究结果均为林下生境的腐烂率最高，林缘最低。林下生境由于土壤含水量高于开阔地和林缘，土壤含水量高加速了该生境下种子的腐烂进程，所以，林下生境的种子腐烂率最高。在开阔地和林缘生境中，由于开阔地土壤温度高于林缘，而温度对种子的腐烂进程也具有促进作用，所以，开阔地生境下的种子腐烂率高于林缘生境。因此，不同生境下的种子腐烂率高低顺序依次为：林下＞开阔地＞林缘（表1）。

如果假定开阔地生境和林缘生境下的种子库存量基本相等，那么由于开阔地生境的高温抑制种子萌发，林缘生境适宜种子萌发（葛滢等，1998），至春季林缘生境下的种子大量萌发，转化为新生苗，种子输出量高于开阔地，因此，开阔地生境下有活力的种子远高于林缘生境（表1）。

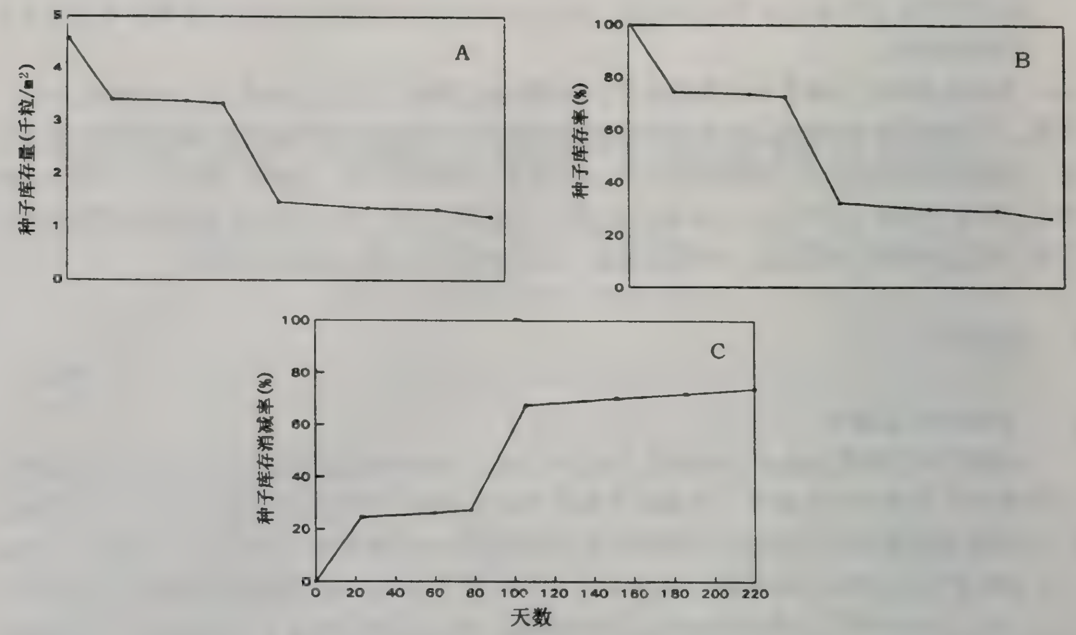


图1 生长季内杭州石荠苎种群土壤种子库存量

A. 种子库存率 B. 种子库存消减率 C. 时间动态

表1 不同生境下的杭州石荠苎种群的种子库量（粒/m²）**和腐烂率**（100%）

生境	1995年			1996年		
	有活力种子	腐烂种子	腐烂率	有活力种子	腐烂种子	腐烂率
开阔地	12189	982	7.46	6 515	512	7.29
林　缘	1 231	71	5.45	2 984	195	6.13
林　下	323	37	10.27	199	49	19.76

2.2 新出生种子的数量动态

通过直接在土壤中取样得出的种子库存量及动态变化实际上是各种子年产生的混合种子的结果，为了解杭州石荠苎种子的实际存活动态，我们按1.3的方法，埋设新出生种子（1994年产生的种子）进行试验，不同生境下的杭州石荠苎的种子萌发率、腐烂的种子百分数、休眠的种子百分数、被食或缺失的种子百分数随时间的变化情况见图2。

从图2可知，在不同生境下，种子萌发率有一定差异。位于林缘、北坡的种子萌发率较高，分别是21.2%和27.2%，开阔地为11.6%，林下生境的萌发率最低，仅为8%。以往的研究表明，高温抑制杭州石荠苎种子的萌发，光照条件对种子的萌发有影响，全日照和黑暗条件都不利种子的萌发（葛滢等，1998）。林下生境由于光强过弱，不利于种子的萌发，所以只有8%；开阔地生境为全日照生境，土壤温度高于林缘、林下和北坡，且又受生境水分的限制，故萌发率也较低。位于北坡的种子，埋放的位置是土壤的低洼处，土壤的持水能力较好，再加上有适度的光强、温度，因而种于的萌发率最高；林缘生境种子萌发率较高的原因与北坡基本接近。

种子的萌发率动态可以反映种子库的持续性，对于不同生境的新出生种子库动态，我们从1994年（种子年）12月底起，一直观察至1996年12月底。结果表明：从1994年12月底至1995年2月28日，埋放于不同生境下的种子萌发率开阔地为8.4%，林缘为11.2%，林下为4.0%，

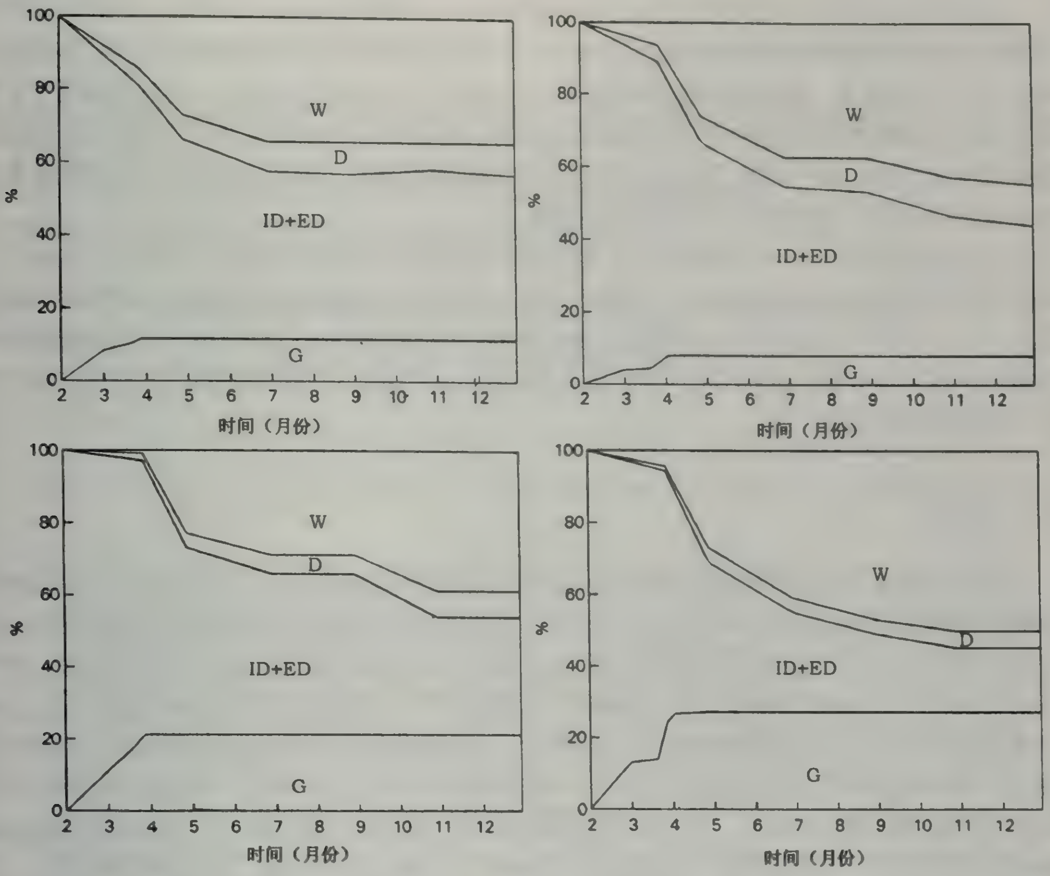


图2　不同生境下的杭州石荠苎种群的种子库动态

G：萌发的种子百分数，D：烂死的种子百分数，ID+ED：种子休眠百分数，W：种子缺失百分数

北坡为13.2%；再经过2个月，种子的萌发率分别为开阔地3.2%，林缘10.0%，林下24%和北坡11.2%；到1995年6月止，开阔地，林缘生境下的种子不再萌发，林下，北坡的种子萌发率降低为1.6%和2.8%；至第二年4月，只开阔地生境下的种子仍具有3.2%的萌发率，林缘、林下和北坡3种生境下的种子已丧失萌发能力。由于种子处于干燥的环境有利于其生活力保存，开阔地生境较林缘、林下和北坡干燥。因此，开阔地生境较有利于杭州石荠苎种子的保存，而林缘、林下及北坡不利于种子生活力的保存。另外，也使我们获知，杭州石荠苎种子库的持续周期比较短暂，一般为1～2年；开阔地生境的种子库持续周期较林下、林缘及北坡长（表2）。

表2　杭州石荠苎种子在不同生境下的萌发率

月/年	开阔地	林缘	林下	北坡
2/1995	8.4	11.2	4.0	13.2
4/1995	3.2	10.0	2.4	11.2
6/1995	0.0	0.0	1.6	2.8
4/1996	3.2	0.0	0.0	0.0

不同生境下的种子腐烂率不同。林下生境的种子腐烂率最高，一年达到种子总数的11.3%；开阔地的种子腐烂率也较高，为8.67%；林缘、北坡的种子腐烂率最低，分别为7.33%和4.67%。土壤高温、高湿均加速种子的死亡与腐烂，对于未发芽的种子，在较低温度下，随着土壤湿度的增大，种子死亡率不断加大。在林缘、林下和北坡生境中，其土壤温度基本相同，但林下的土壤湿度高于林缘、北坡，所以林下的种子腐烂最高。开阔地生境由于其土壤温度均高于其余3种生境，所以种子的腐烂率也较高。

在不同的生境下，种子休眠的百分数存在一定的差异。最初（1998年3月28日）的统计结果为林下的种子休眠百分数最高，达到82.7%，其余3种生境的种子的休眠百分数基本接近。最后一次（1995年12月28日）的调查发现种子休眠百分数最高的不再是林下，其高低顺序为开阔地＞林下＞林缘＞北坡。这个结论完全与林缘、北坡的种子萌发率较高，全光照、林下的种子的萌发率较低相一致。

3 结论

土壤种子库是植物种群繁衍和发展的基础。在新的种子雨尚未进入生境以前，杭州石荠苎种群土壤种子库（各种子年产生的混合种子），因真菌病害等因素引起的腐烂和衰老死亡的种子为30.37%，种子萌发转化成新生苗的占25.46%，被动物捕食或雨水冲淋等因素减少的种子量占19.17%，种子总的支出达土壤种子库存量的3/4，仍具有生活力的种子量仅为1/4。对于新出生的种子，其中因真菌等腐烂衰老死亡、动物捕食和雨水冲淋等引起而减少的种子占50%，种子萌发转化为新生苗的占17%，一年后种子总的支出占67%，具有活力的种子只有33%。两者的结论告诉我们，大约1/2的土壤种子因真菌等腐烂衰老死亡、动物捕食和雨水冲淋等引起而减少，“潜在种群”较低是其不能繁衍、发展的关键因素，是其濒危的原因之一。

开阔地生境利于种子的保存，且其种子库具有2年，甚至更长的持续周期。相反，常杰等的研究业已表明，林缘生境是杭州石荠苎种群的适宜生境，既适于种子的萌发，又适合其生长。然而林缘生境不利于种子的保存和休眠，林缘生境下不存在一个连续的持续种子库。显然，这也是杭州石荠苎种群之所以不能繁衍和扩展的原因。

根据上述结果，我们在对杭州石荠苎的就地保护和迁地保护中，可以将林缘生境下成熟的种子人为地散布到开阔地生境下，保证其“潜在种群”的活力，以遏制种群分布面积急剧缩小，种群数量不断锐减的趋势。

参考文献

安树青等.1994.土壤种子库研究评述.见：林金安等（主编）.植物科学综论.哈尔滨：东北林业大学出版社，211～221

安树青等.1996.宝华山主要植被类型土壤种子库初探.植物生态学报，20（1）：41～50

常杰等.1995.濒危植物杭州石荠苎的种群密度制约与致濒机制的研究.见：钱迎倩，甄仁德（主编）.生物多样性研究进展.北京：中国科学技术出版社，201～207

常杰等.1995.杭州石荠苎的种群动态和生存分析.见：钱迎倩，甄仁德（主编）.生物多样性研究进展.北京：中国科学技术出版社，208～210

葛滢等.1998.杭州石荠苎种子萌发的生理生态学研究.植物生态学报，22（2）：171～177

刘庆洪. 1988. 红松阔叶林中红松种子的分布及更新. 植物生态学报与地植物学报，12（2）：134～142
徐化成，班勇. 1996. 大兴安岭北部兴安落叶松种子在土壤中的分布及其种子库的持续性. 植物生态学报，20（1）：28～34
熊利民等. 1991. 亚热带常绿阔叶林不同演替阶段土壤种子库的初步研究. 生态研究进展. 北京：中国科学技术出版社，120～121
杨允菲，祝玲. 1995. 松嫩平原盐碱植物群落种子库的比较分析. 植物生态学报，19（2）：144～148
钟章成. 1992. 我国植物种群生态学研究的成就与展望. 生态学杂志，11（1）：4～8

ANALYSIS ON FLUX AND DYNAMIC OF SOIL SEED BANK OF *MOSLA HANGCHOWENSIS*

lu Dagen, Ge Ying, Chang Jie, Qin Guoqiang, Xing Xiaolin
(College of Life Science, Zhe Jiang University, Hangzhou 310012)

The flux and dynamic of soil seed bank of *Mosla hangchowensis* was studied in this paper. Results showed: (1) the soil seed bank reduced with time and was close to 25% in the final phase of growth period. 17% of the newly born seeds was germinated into seedlings, 33% was still vigorous, 7.99% rotted due to bacterium and high humidity, 41.98% lost because of being preyed by animals and being washed away by rain water. (2) The germinating percentage of seed decreased in the sequence of by forest, under forest, open land in turn. The rotten percentage of seed was under forest, by forest, open land. The dorminant percentage of seed decreased in the sequence of open land, under forest, by forest. So open land was not good for seed germination, nevertheless to seed preserve and dormancy.

Key words: *Mosla hangchowensis*, Seed bank

外来种入侵型特征分析

陆庆光
（中国农业科学院，北京 100081）

摘要 外来种生物入侵的共性集中表现在：传播扩散能力强，对环境的适应能力强和较强的生命力。这三者的统一构成“入侵型”生物生态学基本特征。外来种的时滞期因物种而异，这些均属生态学研究的重要内容。对生物多样性保护和外来种入侵风险预测具有重要意义。

关键词 生物多样性 外来种 生态学 生物入侵

1 基本概念

在生物多样性保护研究中，外来种是一个重要的研究领域。外来种由其原产地侵入异地后在那里定植、扩展种群并造成危害即构成生物入侵（biological invasion）。研究生物入侵的生态学规律，及其与各类环境因子的关系，包括入侵生物的类群、入侵动力、种群动态、对生物多样性的影响等等，将有助于为生物入侵的控制和生物多样性保护提供理论依据。

外来种的入侵对生物多样性构成严重威胁。在许多海洋性岛屿上，外来种已实际取代了本地植物种类。甚至在保护良好的海岛，如加拉帕格斯群岛（Galapagos）外来种已经达到和本地种同样多。在美国的国家自然保护区公园系统，外来种植物是构成威胁的第一位生物因子（Fosberg *et al.*，1988；McNeely *et al.*，1990）。

那么，究竟是哪些因子导致外来种入侵并扩散为害？外来种具有哪些“入侵型”生物生态学特征？对此目前尚无全面系统的论述。在生物多样性保护的实践中，急待开展外来种入侵的预测理论与方法的研究（Rejmanek，1996）。本文仅简要探讨入侵生物的主要生物生态学特征。

2. 生物入侵的类型

入侵生物的种类主要是外来种，也包括某些本地种。入侵的方式则可分为自然扩散和人为传播。入侵生物的远距离传播主要靠人为因素，如国际贸易、外交往来、长途旅行等等。

广义的外来种还应包括遗传饰变生物体（gene modified organisms，GMOs）。随着生物技术的发展，转基因生物培育获得成功。由于这类转基因生物本身自然界并不存在而是由人类创造的生物物种，对一个生态系统来说，转基因生物的进入就是外来种的入侵（国家环保局《中国生物多样性国情研究报告》编写组，1998）。

3 入侵生物的基本特征

与一般的生物类群相比，外来种之共性最集中地表现在：传播入侵能力强，对环境条件的适应性强和具有顽强的生命力。这三者的统一，即构成"入侵型"生物生态学基本特征。而较强的传播入侵能力是关键。此处所言传播入侵首先包括外来种自身的运动能力（如昆虫飞行、植物攀援等）；其次包括它们以自身适当的形态充分借助各种媒体进行远距离迁移的能力（如借助气流、水流或交通工具等），在到达侵入区之后能够很快适应环境，迅速繁殖后代，扩展种群规模，显示出较强的竞争力。这正是外来种具有生态学意义的入侵传播行为。时滞现象（lag times）也是入侵生物的种群共性。这些特性研究是外来种入侵生态学理论的重要内容。

3.1 传播能力

美国白蛾（*Hyphantria cunea*）(Drury)，属于鳞翅目，灯蛾科。此虫是一个传播力极强的害虫。原产地在美国和加拿大南部，危害果树、观赏树木等落叶树木200种以上，主要被害树种有苹果、李、梨、桃、杏、桑、榆、柳、槭树、樱桃等，严重时整个树木枝叶被吃光，造成很大损失。在美国是胡桃、苹果的大害虫，在欧洲是桑和白蜡槭的大害虫。除成虫能飞翔逐渐自然扩散外，主要靠交通运输扩散。幼虫及蛹常可随果品或包装木材远涉重洋，4龄至7龄以上的幼虫可耐饥9～15天，对远距离传播十分有利。如1940年由美国船舶进入匈牙利布达佩斯，可能就是以蛹态随货物传入，到1946年已扩大到1万 km^2面积，大量阔叶树和灌木叶子被吃光，1947年增到4.5万 km^2，1948年扩散面积已达20万 km^2，很快蔓延到欧洲其他国家。1945年，借着日本战后木材奇缺，美国原木大量倾销日本，美国白蛾由此进入亚洲。1958年在汉城发现，1979年在我国辽宁省边境几个县城也发现此虫，20年间向北扩展了700km，平均每年35km。美国白蛾最难对付之处在于幼虫能到处安身和做茧化蛹。辽宁省新金县发现，卡车停在树下时常爬上很多幼虫，大部分是4～5龄幼虫。它们随车长途跋涉中虽然死亡一些，但还是会有一部分化蛹和羽化的。20世纪80年代，此虫在我国陕西武功突然暴发成灾，据调查，它是随着为朝鲜检修的飞机传入的（曹骥等，1998）。

美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativae*，拉美斑潜蝇 *L. huidobrensis* 和三叶草斑潜蝇 *L. trifolii* 等斑潜蝇20世纪70年代以来入侵到许多国家，已成为世界性害虫，造成巨大经济损失。1985年，夏威夷因斑潜蝇危害，蔬菜损失达1 170万美元。1981～1985年，加利福尼亚州危害菊花造成经济损失9 300多万美元（Leibee，1984；Newman，*et al.*，1986；Spencer，1992）。90年代初，美洲斑潜蝇侵入中国，在短短的3～4年间传遍我国20多个省、自治区、直辖市。据报道，1995年四川省损失2.4亿元人民币，而山东省高达11亿元（雷仲仁等，1997），斑潜蝇之所以成为世界性害虫，主要是由于传播入侵能力强。成虫体形很小，1.5～2.0mm 左右，卵更微小，0.2mm×0.1mm 左右，且产在植物叶片表皮之下，极难发现。幼虫潜入叶片内取食，加之繁殖力强，寄主范围广，为此，斑潜蝇极易随植物的远距离运输而入侵蔓延。

蛀食性害虫钻入木材、果实或种子内部，杂草种子混杂在粮食谷物之中，病原微生物附着在其他生物体上等等，外来种能够以各种各样的方式随着人类的活动进行远距离的扩散传播。据报道，1868年从美国运到英国的145t 玉米，次年由其中筛出玉米象1.75t（北京农业大学，1989）。

3.2 对环境条件适应性

谷斑皮蠹（*Trogoderma granarium* Everts），是著名的危险性仓库害虫，被列为国际植物检疫对象，可污染多种贸易农副产品，出现机率多并且难于防治。严重危害时，玉米堆上层的幼虫数可超过玉米粒数。1946年随贸易传入美国，1953年在加利福尼亚州造成经济损失高达2.2亿美元。此虫生长的温度范围在21℃～40℃，1年可繁殖5代，部分幼虫的滞育期可长达4年至8年。该虫抗低温能力强，2℃～4℃时能生存12个月，－10℃时可生存72h。它抗干燥能力亦强，能在相对湿度2%，食物含水量2%～2.5%的条件下充分生长发育。尽管许多国家对它实行排斥、封锁、围堵，但几十年间它已传到许多国家。

高粱瘿蚊（*Contarinia sorghicola*（Cog）），损失来自幼虫吸食颖果的浆，严重时半数以上的小穗不能结实，形成秕粒，造成大幅度减产。由于此虫主要分布在热带地区，它的生物学一大特点就是幼虫遇上旱季来临时，便在高粱颖壳内吐丝做一相当致密的虫茧在里面越夏。若将虫茧的颖壳放在高温地方，不使接触水湿，一些幼虫几年之后仍可化蛹羽化。在温带地区，随着秋季来临，它便先化蛹然后进入冬眠，表现了对气候的良好适应能力。对寄主的适应也是如此，它前期在约翰生草上度过，以后逐渐向高粱转移。晚高粱如授粉期刚好与成虫产卵期相遇，会形成群体的直线上升。再就是虫体虽小，产卵量并不小，最高可达百粒。一粒种子可有幼虫8～10头，从中可平均羽化出成虫3.2头。幼虫为害直接造成减产，二者相关系数（r）高达0.998（$P<0.001$）（曹骥等，1998）。

3.3 生命力

小麦印度腥黑穗病（*Tilletia indica* Mitra），不但在麦田发病率高可造成减产20%左右，而且影响面粉品质，只要有5%发病率，面粉即因腥臭而不能食用。病菌随种子和土壤传播，病菌在土中可存活4年之久。小麦矮腥黑穗病（*Tilletia controversa* Kn（简称 TCK）），病菌也是随着土壤和种子传播，可在土中存活8～10年。

被认为是世界上最难防治的马铃薯金线虫（*Globodera rostochiensis*（Woll.）），具有毁灭性。这种线虫侵染马铃薯根部，吸食根部液汁。远距离传播主要靠寄主作物及带有线虫的土壤。受到侵染之后，5年之内马铃薯严重减产可达60%～70%。线虫的孢囊可在土壤中长期存活，即使不种植马铃薯也可达30年之久。

柑橘干枯病（*Deuterophoma tracheiphila*），大的枝干在感染此病之后1～2年内全部枯死。该病原菌在已死的枝条上至少可存活和产孢达4年之久，带有活孢子的分生孢子器在全年内均可发现。分生孢子可借助雨水释放并在树木之间进行传播。鹊鸟有时用枯枝搭窝建巢，病原菌则随之传播扩散（曹骥等，1998）。

3.4 种群的时滞（lag times）

由外来种入侵造成的生物多样性丧失可以很快地超过生境变化带来的后果。一些入侵生物可迅速暴发成灾，也有一些需要较长的时滞期。入侵生物种群的时滞可概括划分为3类：

（1）先天时滞（inherent lag），这是由物种自身固有的种群增长特性决定的；（2）环境时滞（environmental lag），随着环境条件向有利于入侵种群的转化而改变；（3）遗传时滞（genetic lag），由于外来种遗传因子的作用对新的环境相对缺乏适应性（Crooks *et al.*，1996）。

有两种树木 *Melaleuca quinquenervia*（Paper-bark tree）和 *Schinus terebinthofolius*（Brazilian pepper）均为100余年以前引进到美国佛罗里达州作为绿化或观赏，直到80年代以来才发现逐年成灾；大叶醉鱼草 *Buddleja dvidii* 于1860年由中国引入新西兰作为观赏植物种

植，也是在100多年之后才逐渐成为一些林区的重要杂草（周威君等）。大米草 *Spartina* spp. 原产欧洲，于70～80年代引进我国沿海地区作为护滩植物。近年发现该草向外地滋生扩展，对当地生物多样性构成威胁（国家环境保护总局，1998）。外来种入侵异地后时滞期的长短因物种、环境而异，其制约因子是复杂的，为此时滞研究有一定难度。但是，在外来种入侵的生态学研究中这是十分重要的内容之一，尤其对外来种种群动态的中长期监测具有重要的指导意义。

参考文献

曹骥，李学书，管良华，李先誉. 1998. 植物检疫手册. 北京：科学出版社

北京农业大学（主编）. 1989. 植物检疫学（中册）. 北京：北京农业大学出版社

国家环境保护总局，《中国生物多样性国情研究报告》编写组. 1998. 中国生物多样性国情研究报告. 北京：中国环境科学出版社

Crooks, J. and M. E. Soule. 1996. Lag times in population explosions of invasive species: causes and implications. Proceedings of the Norway/UN Conference on Alien Species. Trondheim, 1～5, July

Fosberg, F, Roymhond. 1988. Artificial diversity. Environmental Conservation , 15 (2): 74

Leibee, G. L. 1984, Influence of temperature on development and fecundity of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on celery. Environ. Entomol. , 13 (2): 497～501

McNeely, J. A. , K. P. Miller, W. V. Reid, R. A. Mittermeier and T. B. Werner. 1990. Conserving the world's biological diversity. World Bank

Newman, J. P. and M. P. Parrella. 1986. A license to kill. Greenhouse Manage, 5 (3) : 86～92

Rejmanek, M. 1996. Invasive plant species and invasible ecosystems. Proceedings of the Norway / UN Conference on Alien Species, Trondheim, 1～5, July

Spencer, K. A. 1992. Host specialization in the world Agromyzidae (Diptera) . Kluwer Academic Publishers, 444

INTRODUCTION OF INVASION-ECOLOGY OF EXOTIC SPECIES

Lu Qingguang

(The Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

The study on invasion—ecology of exotic species is very important to biodiversity conservation, such as on their invasive ability, adaptation to environment, and reproductive potential. Lag times differ among different exotic species. The conception of invasion—ecology is briefly discussed.

Key words: Biodiversity, Exotic species, Invasion, Ecology

森林片断的边缘效应及对物种的影响*

马友鑫 张一平 刘玉洪 张克映 刘文杰 李佑荣

（中国科学院西双版纳热带植物园，昆明 650223）

摘要 根据以往研究，讨论了森林片断林缘基本生态学特征、边缘效应深度及其影响因子、物理环境和生物要素与离林缘距离之间的关系、以及边缘效应对动植物物种的可能影响。边缘效应深度变化于10～500m之间，统计结果显示主要在100m内，而且是向阳林缘大于背阴林缘。随着边缘效应深度增加或片断面积减小，正方形森林片断受林缘影响面积的百分率增加。

关键词 边缘效应 生物多样性 物种 灭绝 森林片断化

受自然特别是人类生产活动的干扰，连续的原始森林多被破坏，而代之以星罗棋布的、被农田和草场及撂荒地等退化生态系统所包围的森林片断，形成与邻区具鲜明对比的大量林缘景观。在小尺度上林缘是能量和物质（或物种）的水平交换最强地带（Lee，1978；Forman，1981），由其所产生的生物和环境边缘效应不仅影响林缘物种组成、分布（Ranney *et al.*，1981；Kapos，1989；Williams－Linera，1990a and 1990b；Chen，1991；Chen *et al.*，1992 and 1993；Kapos *et al.*，1993；Malcolm，1994；Young and Mitchell，1994；Casenave *et al.*，1995）和生态系统过程（Chen *et al.*，1993）（如生产力、分解率），而且导致森林生境改变（马友鑫，1998；许再富等，1994；Chen，1991；Chen *et al.*，1992）（如理论计算表明可能丧失50%的原始生境（Franklin and Forman，1987），进而影响森林生态系统结构与功能（刘宏茂等，1992；许再富等，1994；Chen，1991；Chen *et al.*，1992，1993；Casenave *et al.*，1995；Williams－Linera，1990a and 1990b；Young and Mitchell，1994）。因此，边缘效应的研究已受到生物、生态、大气科学等领域学者的广泛关注，并成为当前森林生态学的一个研究热点。

早在20世纪30年代，Leopold（1933）就对森林片断的边缘效应进行了开创性的研究，随后特别是70年代末和80年代初以来该领域的研究愈加活跃起来，研究内容包括动植物物种分布、植被结构与功能、森林动态、野生物生境保护、物理环境等。但是，这些研究主要集中在欧美和南美，在非洲和亚洲则相对较少，我国在近年才有研究。本文主要根据国外已发表的研究结果，侧重阐述边缘效应特征、影响深度、生物和环境要素与距林缘距离之间的关系、以及边缘效应对物种流失的可能影响，并加以分析，旨在从较为零散的边缘效应研究结果中得出一些倾向性结论，为进一步研究提供科学依据。

---

* 本文为第一作者博士论文的部分内容。得到国家自然科学基金（39770141）、云南省自然科学基金（97C093M）、中国科学院“九五”重大项目（KZ951-A1-104-01）资助，同时获得国家人事部非教育系统留学回国人员科技活动择优资助D类项目和中国科学院留学经费择优支持回国工作基金项目的资助。

1 边缘效应基本特征

1.1 林缘基本生态学特征

森林片断的边缘是森林与非森林两个景观元素之间的边界地带，由于通过该地带的能量流、养分流和物种流较为强烈，因而表现出与林内不同的环境和生物变化特征。表1综合了各有关研究结果，对林缘和林内的生态学特征进行了比较。

表1 森林边缘与林内的环境/生物特征比较

生态因子	林缘	林内
动植物	物种多样性高，土壤动物和昆虫数量增加，非耐荫、先锋和次生植物居多，物种更新和死亡率高，林窗出现频率高、平均群落高度较低，下层物种增加，植物光合作用强	物种多样性低，耐荫和顶极植物多，林相较完整，群落高度较高，下层物种相对地减少
小气候	干热、多风，光和有效辐射较强，要素日振幅增大，积雪厚度较深，雾露截流量增加	湿凉、静风，红外辐射增加，要素日振幅降低，太阳辐射（可见光）剧减，生物热能增加
土壤	土壤湿度增加，有机质和 N、P、K 增加，土壤容重和 pH 值降低	土壤湿度较低，pH 值和土壤容重增加，土壤肥力减低

1.2 边缘效应深度

DEE 是指森林片断边缘某个物理环境或生物变量明显不同于林内的最后点至林缘的距离。它既是测定森林片断边缘效应的一个直观指标，也是规划森林保护有效面积的重要参数。表2列出了不同森林类型各种变量的 DEE 值。由此可看出：(1)DEE 变化于10m 和500m 之间，向阳的南向林缘的 DEE 大于背阴的北向林缘，其值大小也随距地面高度而变化；(2) 作为研究边缘效应一个重要的物理变量——风速的 DEE 远大于其他环境变量，受其显著影响的生物学过程（如种子扩散和昆虫飞行路线）(Chen *et al.*，1995a) 也可能因此有较大的 DEE；(3) 具有较宽活动范围的动物（如鸟类等）可能有较大的 DEE 值。我们将表2数据按不同范围 DEE 上出现的研究文献数量进行统计并绘制成图1，由此看出 DEE 的大多数研究文献出现在100m 以内，其累计频率约为87%。

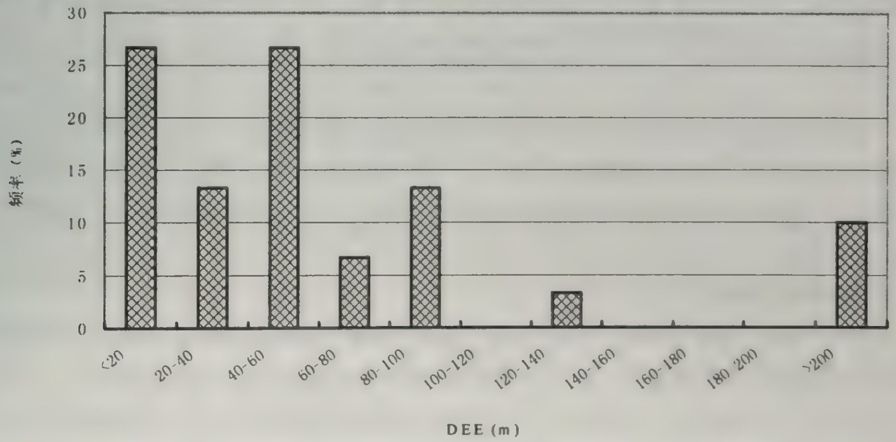


图1 在不同范围边缘效应深度（DEE）上出现的部分研究文献

表2 森林片断边缘效应深度

森林类型	变量	DEE(m)	文献
		环境	
低地热带雨林	小气候	60	Kapos，1989
	气温和空气水气压差	50	Sizer，1992
热带干性季节性雨林	小气候要素	15(N)～25(S)	马友鑫等，1998
成熟黄杉松林	太阳辐射(可见光)	30～60	Chen *et al.*，1995
	风速	240	
温带落叶林	小环境	50	Matlack，1993
硬木混交林	午间相对湿度和气温	10～20	Fraver，1994
宽叶罗汉松林	小气候	50	Young and Mitchell，1994
		植物	
热带雨林	树木胸径(d. b. h)	10	Mayaka *et al.*，1995
低地热带雨林	乔木生物量(地上)	100	Laurance *et al.*，1997
	树木死亡、受损和替换率	100	Laurance *et al.*，1998
	森林凋落物	50～100	Sizer，1992
	幼苗动态变化	25	
热带湿性山地森林	环境条件、森林结构和树木死亡率	15～25	Williams-Linera，1990a
成熟黄杉松林	森林结构	16～137	Chen *et al.*，1992
温带雨林	植物物种	4～16	Fox *et al.*，1997
	森林草本、灌木和乔木幼苗	92	Matlack，1994
黄杉松林和冷杉林	乔木密度和更新	50－70	Caruso，1973；Wagner，1980
糖槭/山毛榉林	森林结构和组成	冠层：5(N)－20(S) 地面：5(N)－45(S)	Palik & Murphy，1990
美国东北硬木林	基面积、乔木密度和叶面积密度	10～20	Ranney *et al.*，1981；Miller and Lin，1985；Wales，1972
硬木混交林	个体物种盖度百分比、外来物种相对盖度和物种丰富度	20(N)－60(S)	Fraver，1994
		动物	
温带森林	鸟巢	45	Gates & Gysel，1978
	鸟巢	200～500	Wilcove *et al.*，1986；Andrén and Angelstam，1988
挪威云杉林	树皮甲虫	30	Peltonen *et al.*，1998

S：南向 N：北向

1.3 DEE 的影响因素

由前所述，DEE 的变异性较大（78.0±100.9m）。相同森林类型而环境/生物变量不同、或相同环境/生物变量而森林类型不同、或两者均相同但地点不同，DEE 均表现出不同，这说明影响 DEE 的因子复杂多样。图2综合了前人的研究成果，给出了 DEE 的主要影响因子。目前，对于所关注的变量、植被类型和结构及林缘方位和年龄对 DEE 的影响研究已有报道（Reifsnyder，1955；Raynor，1971；Palik and Murphy 1990；Williams-Linera，1990a；Chen *et at.*，

1995b)，并指出这些因子对DEE影响最为显著，对于其他影响因子的研究较少。

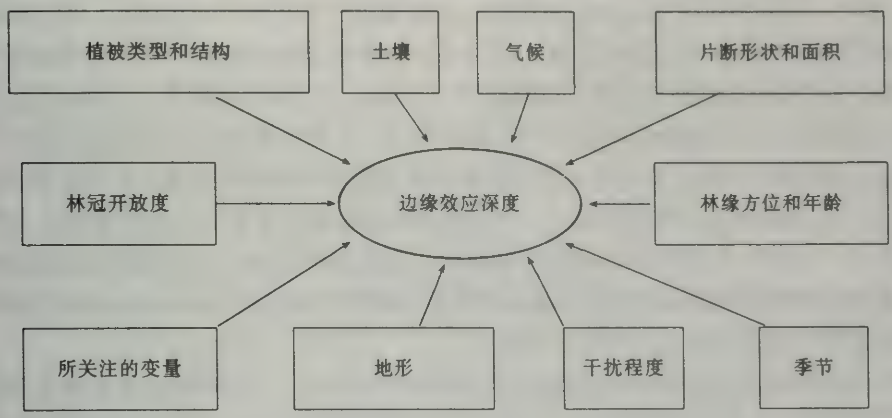


图2 边缘效应深度的影响因素

2 边缘效应模型（Model of Edge Effect，MEE）

MEE的研究主要集中在某个环境/生物变量对林缘至林内距离的反应上，这主要因为：①一般地，在森林片断边缘存在着明显、有规律的生态环境梯度，这种梯度容易与距离建立一种数学联系；②聚焦在单一变量上可避开其他要素影响所带来的复杂性，从而使问题变得简单易解；③缺乏环境（特别是小气候）对生物（森林结构）耦合的实验研究，因此人们尚不清楚边缘效应的某些内在机制。图2根据前人的研究结果经过加工后绘制出的变化关系示意图，许多经验模型都是基于这种变化关系而建立的。

最简单的MEE是一元线性模型。Williams-Linera（1990a）、Malcolm（1994）和马友鑫等（1998）分别建立了植被结构变量、边缘效应值和小气候要素与离林缘距离关系的经验模型，据此可估算出测量森林片断边缘某点变量大小，也可求出DEE。受这类模型线性的限制，非线性规律不能真实表现出来。于是，Chen等（1993）和Laurance等（1998）在非线性模型方面进行了尝试，分别拟合出温度或动态指数与离林缘距离之间的指数关系式，较好地反应了变量的变化趋势。

从20世纪80年代开始，大气科学家对边缘效应的理论模型进行了有益的尝试。Miller（1980）根据能量平衡原理用一种称为“箱子”（“box”）模型对林缘二维能量交换进行了描述，随后Miller及其同事根据动量守恒原理对皆伐地至林内空气流动轨迹进行了数值模拟（Miller and Lin 1985；Li *et al.*，1990；Miller *et al.*，1991a and 1991b），为进一步探讨林缘附近热量平流提供理论依据。Greene和Johnson（1996）根据风速廓线原理推导出林缘附近种子扩散的微气象模型，为森林动态研究提供了强有力的理论工具。

3 边缘效应对物种流失的影响

物理环境的边缘效应可能对森林群落和动物种群有直接影响，但目前尚不十分清楚这些

效应机理和水平，也不能定量地给出边缘效应的相对重要性（Turner，1996)。小气候环境（如温度、湿度、光照和风速等）的改变可能对某些物种产生正影响或负效应，进一步减小一些森林动物特别是林内物种的活动区域，以及增大林缘附近森林植物的死亡率及削弱对这些种群的更新。根据简单几何面积计算，如果 DEE＝100m，＜3.14hm²圆形、＜4hm²正方形、＜5.20hm²正三角形和＜8.00hm²长方形（长：宽＝2：1）森林片断则完全不含有“林内”生境，即森林片断全部受边缘影响。换言之，受林缘影响程度最小的是圆形片断，而长方形片断则最大。随着 DEE 增加或森林片断面积减小，正方形森林片断受边缘影响的百分率增大（图3)。这种边缘效应的“蚕食”作用将减少森林有效面积，或者说使“林内”生境所占比率降低，特别是较小森林片断表现更烈。其结果可能导致森林片断物种持有量减少，这在诸如巴西玛瑙斯等热带森林研究中得到证实（Turner，1996)。

边缘效应是森林片断特别是林内物种流失的重要原因之一。许多研究结果表明森林片断后物种数量在减少，如在厄瓜多尔 Rio Palenque 一块高度隔离的87hm²森林片断仅5年时间就有25种鸟消失（Leck，1979)，在哥伦比亚安第斯山脉圣安东尼奥一块森林片断在80年内已有近三分之一物种消失（Kattan *et al.*，1994)；又如在1932～1952年间印度尼西亚 Bogor 植物园饲养的62种鸟中，20种于1980～1985年前消失、4种接近灭绝和另外5种已显著减少（Diamond *et al.*，1987)。同时，我们必须注意到另一个边缘效应现象，即较小森林片断存在着较多机会使林内物种被林缘物种所取代。Brothers 和 Spingarn (1992) 在研究美国印第安那一块成熟森林片断时发现，该森林已有21种外来植物侵入，而且外来物种出现频率是南向林缘高于北向林缘。随着片断边缘的增加，这种外来物种入侵的可能性也将增大。

由于林缘小气候改变和风干扰程度增强，导致森林动态发生变化，特别是林缘乔木具有较高的死亡率、受损率和更迭率（Ferreira and Laurance，1997；Laurance *et al.*，1998)，使地上生物量丢失。Laurance 等人（1997）据在巴西玛瑙斯一永久样地观测结果，揭示出在森林片断后的前10～17年中林缘100m 内地上乔木生物量有36%流失掉。

4 讨论和结论

森林片断后，林缘形成所造成物理环境（小气候和土壤）的改变深刻制约物种组成、分布、数量，特别是可能使植物－动物间相互作用发生微妙变化（Aizen and Feinsinger，1994)，如传粉和种子传播期的互惠共生关系已被提前瓦解（Gilber，1980；Bawa *et al.*，1985；Berborgh，1986；Feinsinger，1987；Bawa，1990)，这种所施加的直接或间接生态和基因作用将影响森林生态系统结构与功能。林缘物理环境变化对生物的影响尚缺乏定量研究，而且许多研究多采用非系统的“快照”(snapshot）方法，因此十分需要多学科长期合作研究，以揭示边缘效应的生态学机制。

边缘效应深度（DEE）在保护生物学中有重要作用。在以往自然保护区的管理与设计中，我们非常缺乏 DEE 的科学数据，因而难以确保自然保护区含有更多“林内”生境以支持生物多样性和对濒危物种的保护。如 DEE＝200m，200hm²的森林片断将有50%面积受林缘影响（图4)，特别是对于狭长或不规则森林片断将含有更少的“林内”生境（Forman，1981)。由于影响因子较多，DEE 的研究结果差异较大。但是，通过对以往资料统计，我们得出这样倾向性

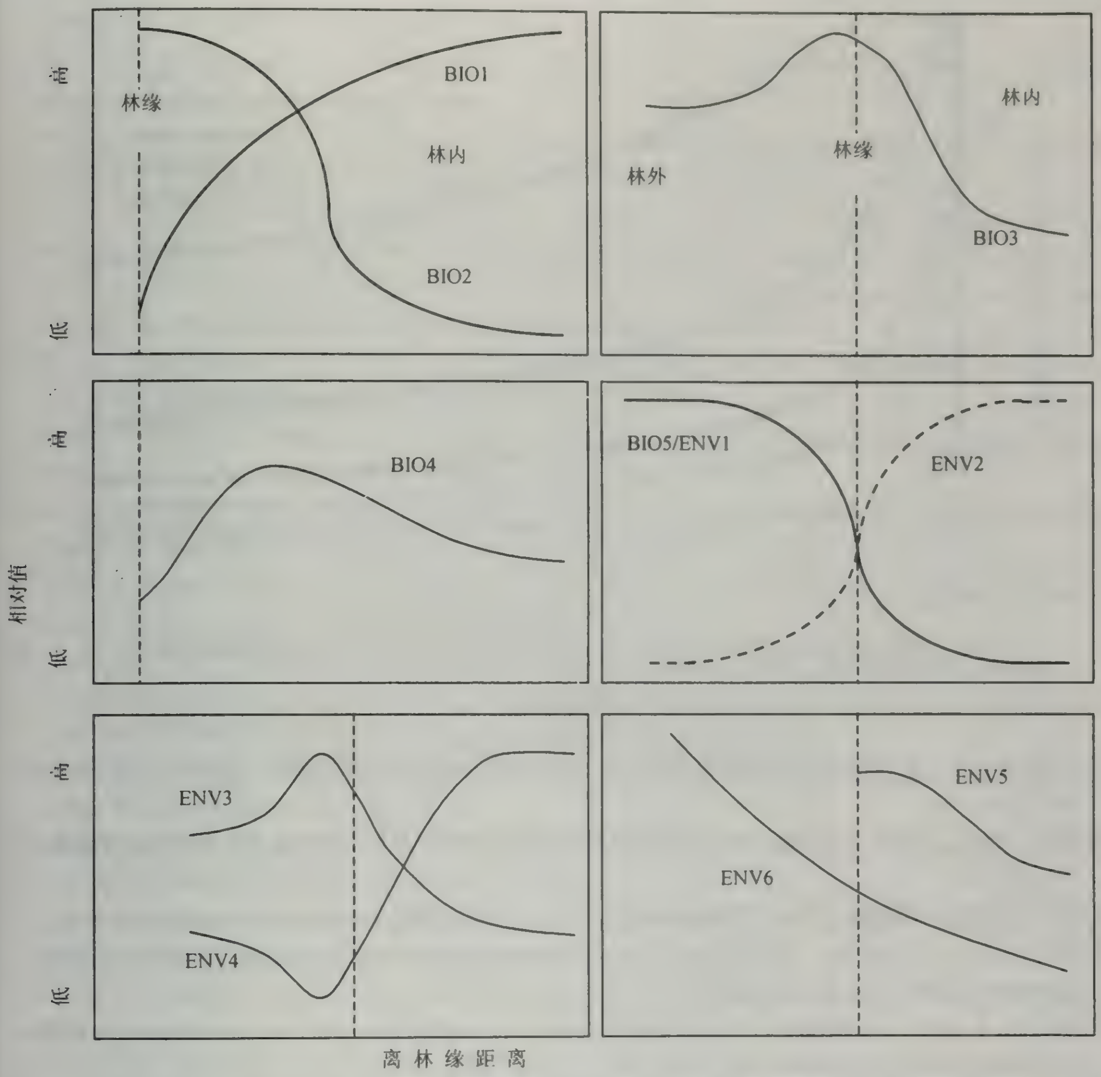


图3　生物（BIO）/环境（ENV）变量与距离的关系示意图（部分根据 Chen *et al.*，1995b）

BIO1：顶级/林内物种分布、生物量、郁闭度、上层树叶面积密度等；BIO2：下层树叶面积密度、开放度、林窗面积、外来物种出现频率和次生树种树干密度、死亡率等；BIO3：林缘物种（如鸟类和小型哺乳动物像红松鼠和黄鼠狼等）；BIO4：树干密度（特别是个体）、下层树干密度等；BIO5：动物外来种出现频率；ENV1：光照（可见光）、温度、风速等；ENV2：相对湿度、红外辐射；ENV3：最高温度（南向林缘）和土壤含水量等；ENV4：最低温度和最低相对湿度（南向林缘）等；ENV5：树冠温度；ENV6：北向/东西向林缘某些小气候要素。

结论，即除风速和迁移性较大的动物外 DEE 基本在100m 范围内。而且，DEE 是向阳林缘大于背阴林缘，其他向林缘居二者之间。

森林片断的边缘效应对物种影响可能包括如下几方面：①物理环境的改变驱动物种组成、分布和数量发生变化，并影响某关键期植物－动物间的互惠共生关系；②使森林片断实际有效面积或“林内”生境减小，进而影响种群大小；③外来物种侵入机会增加，使林内或本地物种受到威胁。值得指出的是，这几方面尚需更多实验研究来证实，而且不同气候区域不同植被类型可能表现出不同规律。

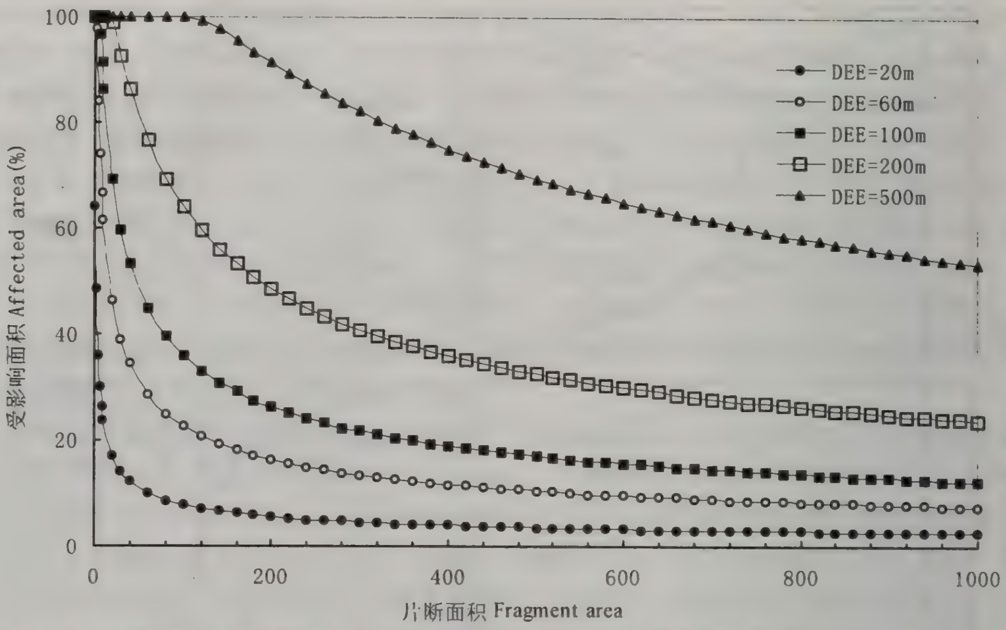


图4 在给定边缘效应深度（DEE）下，不同大小正方形森林片断的受边缘影响面积

参考文献

马友鑫，刘玉洪，张克映. 1998. 西双版纳热带雨林边断小气候边缘效应的初步研究. 植物生态学报，22 (3)：250～255

许再富，朱华，刘宏茂，王洪新. 1994. 滇南片断热带雨林植物物种多样性变化趋势. 植物资源与环境，3 (2)：9～15

刘宏茂，许再富，陶国达. 1992：西双版纳傣族“龙山”的生态学意义. 生态学杂志，11 (2)：41～43

Andrén, H. and P. Angelstam. 1998. Elevated prediction rates as an edge effect in habitat islands：experimental evidence. Ecology，69：544～547

Aizen，M. A. and P. Feinsinger. 1994. Forest fragmentation，pollination，and plant reproduction in a chaco dry forest，Argentina. Ecology. 72：330～351

Bawa，M. A. 1990. Plant—pollinator limitations in tropical rain forests. Annual Review of Ecology and Systematics，21：399～422

Bawa，K. S.，S. H. Bullock，D. P. Perry，R. E. Colville and M. H. Grayum. 1985. Reproductive biology of tropical trees，II. Pollination systems. American Journal of Botany，69：122～134

Brothers, T. S. and A. Spingarn. 1992. Forest fragmentation and alien plant invasion of central Indiana old—growth forests. Conservation Biology，6：91～100

Camargo，J. L. C and V. Kapos. 1995. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian forest. Journal of Tropical Ecology，11：205～221

Caruso，J. R. 1973. Regeneration within a middle—elevation Doglas-fir clearcut. Dissertation. University of Washington，Seattle，washington，USA.

Casenave，J. L. DE，J. P. Pelotto and J. Protomastro. 1995. Edge—interior differences in vegetation structure and composition in a Chaco semi—arid forest，Argentina. Forest Ecology and Management，72 (1)：61～69

Chen，J. 1991. Edge Effects：Microclimatic Pattern and Biological Responses in Old—growth Douglas—fir

Forests. Ph. D. Thesis, University of Washington. Seattle, WA.

Chen, J., J.F. Franklin and T.A. Spies. 1992. Vegetation responses to edge environments in old—growth Douglas—fir forests. Ecological Applications, 2 (4): 387～396

Chen, J., J.F. Franklin and T.A. Spies. 1993a. Contrasting microclimates among clearcut, edge, and interior of old-growth Douglas—fir forest. Agricultural and Forest Meteorology, 63: 219～237

Chen, J., J.F. Franklin and T.A. Spies. 1993b. An empirical model for predicting diurnal air—temperature gradients from edge into old—growth Douglas—fir forest. Ecological Modeling, 67 (2/4): 179～198

Chen, J., J.F. Franklin, T.A. Spies. 1995a. Growing—season microclimatic gradients from clearcut edges into old—growth Douglas—fir forests. Ecological Applications, 5: 74～86

Chen, J., J.F. Franklin, J.S. Lowe. 1995b. Comparison of abiotic and structurally defined patch patterns in a hypothetical forest landscape. Conservation Biology, 10: 854～862

Diamond, J.M., K.D. Bishop and van S. Balen. 1987. Bird survival in an isolated Javan woodland: island or mirror. Conservation Biology, 1: 132～142

Feinsinger, P. 1987. Approaches to nectarivores—plants interactions in the New World. Revista Chilena de Historia Natural, 60: 285～319

Ferreira, L.V. and W.F. Laurance. 1997. Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in central Amazonia. Conservation Biplogy, 11: 797～801

Forman, R.T.T. 1981. Interaction among landscape elements: a core of landscape ecology. In: S.P. Tjallingii and A.A. de Veer (eds.). Perspectives in landscape ecology. Proceedings of International Congress. Netherlands: Netherlands Society of Landscapes Ecology, 35～48

Fox, B.J., J.E. Taylor, M.D. Fox, C. Williams. 1997. Vegetation changes across edges of rain forest remnants. Biological Conservation, 82: 1～13

Franklin, J.F. and R.T.T. Forman. 1987. Creating landscape patterns by forest cutting: ecological consequences and principles. Landscape Ecology, 1: 5～18

Fraver S. 1994. Vegetation responses along edge—to—interior gradients in the mixed hardwood forests of the Roanoke River basin, North Carolina. Conservation Biology, 8: 822～832

Gates, J. E. and Gysel, L. W. 1978. Avian nest dispersion and fledging success in field—forest ecotones. Ecology, 59: 871～883

Gilbert, L.E. 1980. Food web organization and conservation of neotropical diversity: an evolutionary—ecological perspectives. In: M.W. Soulé and B.A. Wilcox (eds.). Conservation biology: an evolutionary—ecological perspective. Sunderland, MA, USA: Sinaller, 19～34

Greene, D.F. and E.A. Johnson. 1996. Wind dispersal of seeds from a forest into a clearing. Ecology, 77: 595～609

Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. Journal of Tropical Ecology, 5: 173～185

Kattan, G.H., H. Alvarez—López and M. Giraldo. 1994. Forest fragmentation and bird extinctions: San Antonio eighty years later. Conservation Biology, 8: 138～146

Laurance, W.F., S.G. Laurance, L.V. Ferreira, Rankin-de J.M. Maerona, C. Gascon andT.E. Lovejoy 1997. Biomass collapse in Amazonian forest fragment. Science, 278: 1117～1118

Laurance, W.F., L.V. Ferreira, J.M. Rankin-de Maerona and S.G. Laurance. 1998. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. Ecology, 79: 109～117

Lee, R. 1978. Forest Microclimatology. New York: Columbia University Press

Leck, C.F. 1979. Avian extinctions in an isolated tropical wet—forest preserve, Ecuador. Auk, 96: 343～352

Leopold, A. 1933. Game management. New York, New York, USA: Charles Scribner's Sons

Li, Lin, Z. J., J. D. and D. R. Miller. 1990. Air flow over and through a forest edge: A steady-state numeric simulation. Boundary-Layer Meteorology, 51: 179～197

Malcolm, J. R. 1994. Edge effects in central Amazonian forest fragments. Ecology, 75: 2438～2445

Matlack, G. R. 1993. Microenvironmental variation within and among forest edge sites in the eastern United States. Biological Conservation, 66: 185～194

Matlack, G. R. 1994. Vegetation dynamics of the forest edge-trends in space and successional time. J. Ecol., 82: 113～123

Mayaka, T. B., J. N. Fonweban, Z. Tchanou, P. Lontchui. 1995.: An assessment of edge effect on growth and timber external quality of ayous (*Triplochiton scleroxylon* K. Schum.) under Cameroon rain forest conditions. Annales des Sciences forestières, 52: 81～88

Miller, D. R. 1980. The two-dimensional energy budget of a forest edge with field measurements at a forest-parking lot interface. Agricultural Meteorology, 22: 53～78

Miller, D. R. and J. D. Lin. 1985. Canopy architecture of a red maple edge stand measured by a point drop method. In: Hutchinson B A and Hichks B B (eds.). Forest-Atmosphere Interation. Boston, MA: D. Keidel Publishing Company, 59～70

Miller, D. R., J. D. Lin and Z. N. Lu. 1991a. Some effects of surrounding forest canopy architecture on the wind field in small clearings. For. Ecol. Manage, 45: 79～91

Miller, D. R., J. D. Lin and Z. N. Lu. 1991b. Air flow across an alpine forest clearings: A model and field measurements. Agricultural and Forest Meteorology, 56: 203～225

Palik, B. J. and P. G. Murphy. 1990. Disturbance versus edge effects in sugar-maple/breech forest fragments. For. Ecol. Manage, 32: 187～202

Peltonen, M. and K. vaara. 1998. Incidence of Xylechinus pilosus and Cryphalus saltuarius (Scolytidae) in forest-clearcut edges. For. Ecol. Manage, 103: 141～147

Ranney, J. W., M. C. Bruner and J. B. Levenson. 1981. The importance of edge in the structure and dynamics of forest islands. In Burgess R L and Sharpe D M. (eds). Forest Island Dynamics in Man-Dominated Landscapes. New York: Springer-Verlag

Raynor, G. S. 1971. Wind and temperature structure in a coniferous forest and a contiguous field. Forest Science, 17: 351～363

Reifsnyder, W. E. 1955. Wind profiles in a small isolated forest stand. Forest Science, 1: 289～297

Sizer N. C. 1992. The impact of edge formation on regeneration and litter fall in a tropical rain forest fragment in Amazonia. Ph. D. Thesis, University of Cambridge, Cambridge, UK

Terborgh, J. 1986. Keystone plant resources in the tropical forest. In: Soulé M E (ed.). Conservation biology: the science of scarcity and diversity. Sunderland, MA, USA: Sinauer, 330～344

Turner, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. Journal of Applied Ecology, 33: 200～209

Wagner, R. G. 1980. Natural Regeneration at the Edges of Alies Amabilis Zone Clearcut on the West Slope of the Central Washington Cascdes. Thesis. University of Washington, Seattle, Washington, USA

Wales, B. A. 1972. Vegetation analysis of north and south edges in a mature oak—hickory forest. Ecological Monographys, 42: 451～470

Williams-Linera G. 1990a. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. Journal of Ecology, 78: 356～373

Williams-Linera G. 1990b. Origin and early development of forest edge vegetation in Panama. Biotropica, 22

(3)：235～241

Wilcove，D.S.，C.H. McLellan，A.P. Dobson. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. In：Soulé M E (ed.). Conservation Biology：Science of Diversity. Sunderland，MA：Sinauer，237～256

Young，A. and N. Mitchell. 1994. Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp-broadleaf forest in New Zealand. Biological Conservation，67 (1)：63～72

EGDE EFFECTS OF FOREST FRAGMENTS AND THEIR INFLUNENCES ON SPECIES

Ma Youxin，*Zhang Yiping*，*Liu Yuhong*，*Zhang Keying*，*Liu Wenjie and Li Yourong*

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden，the Chinese Academy of Sciences，Kunming 650223)

Primary ecological characteristics of edges of forest fragments，the depth of edge effect and its influencing factors，the relations of physical environmental and biological elements related to the distance from the edge，and the possible impacts of edges on species of plants and animals were discussed in this paper. The findings showed that edge effects mainly extended 100m into the forest，though it ranged from 10m to 500m. The depth was greater at the sun-facing edge than at the shade-facing one. The percentage of an area of a square forest fragment affected by edge increases or the depth of edge effect increases as fragment size decreases .

Key words：Edge effects，Biodiversity，Extinction，Forest fragmentation

三江平原洪河自然保护区生物多样性研究

I. 毛赤杨灌丛结构组成及群落特征

倪红伟　吴海一　周瑞昌　高玉慧

(黑龙江省科学院自然资源研究所，哈尔滨 150040)

摘要　洪河自然保护区毛赤杨灌丛共有植物103种，隶属于46科80属。其中温带分布的种子植物47个属。区系地理成分以长白植物区系成分为主，占41.71%。生活型则以草本地下芽、地面芽和方位芽植物种类占优势。

关键词　植物区系　生活型　毛赤杨灌丛　洪河自然保护区

引　言

毛赤杨灌丛常分布于林内水湿地，地表局部积水或季节性积水、或地下水位高（稳定的地下水位为45cm）的泛滥地段上，但生长较差；在土层深厚、肥沃、排水良好的地段上生长最好，呈块状分布。其土壤是发育在冲积扇或以卵石为母质的淤泥潜育土，或粗腐殖质潜育土，一般土层不厚。在洪河自然保护区毛赤杨灌丛多分布于水湿地、溪流两岸或沿沼泽地边缘呈小块分布，土壤为沼泽草甸土或泥炭沼泽土。毛赤杨在土层深厚、肥沃、排水良好地段能形成相对稳定的原生群落。

1　种类组成

毛赤杨灌丛组成植物种类为103种。其中，苔藓植物6科7属9种；蕨类植物4科7属7种；种子植物36科66属87种。

本类型组成植物隶属于46科，按含有属的数量排序为：蔷薇科（7属）＞菊科（6属）、百合科（6属）＞毛茛科（4属）＞虎耳草科（3属）、莎草科（3属）＞桦木科（2属）、茜草科（2属）、杜鹃花科（2属）。按每科内含属的个数，可将本类型46科分成以下3类：第一类是含1个属的科有30科，占本类型组成科数的65.22%；第二类是含2～4个属的科13个，占本类型科数的28.26%；第三类是含5属以上的科3个，占本类型总科数的6.52%（表1）。

本类型组成植物隶属于80个属，按每属含植物种类数量排序为：桦属（4种）、凤毛菊属（4种）＞ 悬钩子属（3种）、问荆属（3种）。按每个属含种数可将本灌丛植物组成的80个属分成4类：它们为含4个种的属2个，占本类型总属数的2.5%；含3个种的属2个，占总属数的2.5%；含2个种的属13个，占总属数的16.25%；含1个种的属63个，占总属数的

78.75%（表 2）。

表 1 洪河自然保护区毛赤杨灌丛植物组成科的统计

科的类别	科数	科的统计 占总科数的%	种数	种的统计 占总种数的%	合计
含 1 个属的科	30	65.22	35	33.98	33.98
含 2 个属的科	10	21.74	26	25.24	35.92
含 3 个属的科	2	4.35	6	5.83	
含 4 个属的科	1	2.17	5	4.85	
含 5 个属的科	2	4.35	19	18.45	30.1
含 7 个属的科	1	2.17	12	11.65	

表 2 洪河自然保护区毛赤杨灌丛植物组成属的统计

属的类别	属数	属的统计 占总属数的%	种数	种的统计 占总种数的%
含 4 个种的属	2	2.5	8	7.77
含 3 个种的属	2	2.5	6	5.83
含 2 个种的属	13	16.25	26	25.24
含 1 个种的属	63	78.75	63	61.16

2 植物区系分析

2.1 属的地理分布区类型

按吴征镒（吴征镒，1991）关于“中国种子植物属的分布类型”，在本类型组成中，温带分布的种子植物属 47 个，占种子植物总属数的 71.21%。其中，北温带分布的属有 24 个；北温带、南温带（全温带）间断分布的属 11 个；东亚和北美洲间断分布的属 7 个；旧世界温带分布的属 2 个；温带亚洲分布的属 2 个；东亚（东喜马拉雅—日本）分布的属 1 个（表 3）。世界分布属 12 个，占种子植物属数的 7.58%，包括泛热带分布属 3 个；旧世界热带分布的属 1 个；地中海区至温带、热带亚洲、大洋洲、南美洲间断分布的属 1 个；环极分布的种子植物属 2 个，占种子植物属的 3.03%。

表 3 洪河自然保护区毛赤杨灌丛组成中种子植物属分布区类型统计

植物组成属的分布区类型	属数	植物组成属的分布区类型	属数
北温带分布	24	世界分布	12
北温带、南温带（全温带）间断分布	11	泛热带分布	3
东亚、北美洲间断分布	7	旧世界热带分布	1
旧世界温带分布	2	地中海至温带、热带亚洲、大洋洲、南美洲间断分布	1
温带亚洲分布	2	环极分布	2
东亚（东喜马拉雅—日本）分布	1	合 计	66

2.2 区系地理成分

按 Kitagawa（Kitagawa，1979）的划分标准，在本类型组成种的区系成分中，长白植物

区系成分（MA）占总组成的 41.71% ，大兴安岭植物区系成分（DA）占总组成的 25.67%，华北植物区系成分（NC）占总组成的 25.67%，蒙古植物区系成分（MO）占总组成 6.95%（表 4）。

表 4 洪河自然保护区毛赤杨灌丛植物组成区系成分统计（种子、蕨类植物）

单区	成分种	两区共有成分种	三区共有成分种	四区共有成分种	合计	占总组成比例%
长白植物区系种（MA）	15	42	17	4	78	41.71
大兴安岭植物区系种（DA）	7	21	16	4	48	25.67
华北植物区系种（NC）	0	30	14	4	48	25.67
蒙古植物区系种（MO）	0	5	4	4	13	6.95

毛赤杨灌丛中，单区成分的种子植物、蕨类植物 22 种，占总组成的 23.66%。其中，长白植物区系成分（MA）15 种有柴桦、五蕊柳（*Salix pentrandra*）、羽叶风毛菊、单叶返魂草、黑三棱、头穗薰草、毛金腰子（*Chrysasplenium pilosus*），轮叶百合、深山露珠草（*Circaea caulescens*），单侧花、毛穗藜芦、森林假繁缕、北附地菜、黑水银莲花、小叶章；其次是大兴安岭植物区系成分（DA）7 种有毛赤杨、白桦、珍珠梅、北悬钩子、卵叶桦（*Betula ovalifolia*）、水葡萄茶藨、狭叶甜茅。

毛赤杨灌丛含两区共有成分 49 种，占种子植物、蕨类植物种数的 52.69%。其中，华北植物区、长白植物区共有成分（NC、MA）23 种，它们是枫桦、暴马丁香、茶条槭、水曲柳、刺蔷薇、托盘、五味子、山葡萄等；长白植物区、大兴安岭植物区共有成分（MA、DA）19 种有红瑞木（*Cornusalba*），蓝靛果忍冬、笃斯越橘、越橘、沼委陵菜、毛蕊老鹳草、块根老鹳草、燕尾风毛菊等；内蒙古植物区、大兴安岭植物区二区共有成分（MO、DA）4 种，有柳叶绣线菊、齿叶风毛菊、展枝唐松草、水问荆；华北植物区、大兴安岭植物区两区共有成分（NC、DA）2 种，即黄花忍冬、三叶鹿药；华北植物区、内蒙古植物区二区共有成分（NC、MO）仅风毛菊 1 种。

本类型组成中含三区共有成分 18 种，占种子植物、蕨类植物种数的 19.35%。其中，华北植物区、长白植物区、大兴安岭植物区三区共有成分（NC、MA、DA）14 种，如毛叶悬钩子、杜香、马先蒿、毛水苏、蚊子草、类叶蚊子草、烟管蓟、升麻等；长白植物区、内蒙古植物区、大兴安岭植物区三区共有成分（MA、MO、DA）3 种即箭头唐松草、修氏苔草、独活；

本类型含华北植物区、长白植物区、大兴安岭植物区、内蒙古植物区四区共有成分（NC、MA、MO、DA）4 种，即刺玫蔷薇、地榆、小白花地榆、水蒿（表 5）。

表 5 洪河自然保护区毛赤杨灌丛各类区系成分统计（蕨类、种子植物）

	单区成分		两区共有成分					三区共有成分			四区共成分
	MA	DA	NC MA	MA DA	NC DA	NC MO	MO DA	NC MA DA	NC MA MO	MA MO DA	NC.MA.MO.DA
种数	15	7	23	19	2	1	4	14	1	3	4
合计	22		49					18			4
占总种数比例%	23.66		52.69					19.35			4.3

3 群落特征

3.1 群落类型及其特征

毛赤杨灌丛在洪河自然保护区仅包括 1 个类型：修氏苔草、柴桦、毛赤杨灌丛。

本类型毛赤杨高 4～5m，在修氏苔草形成的塔头上，毛赤杨（*Nlnus sibirica*）发育成灌木状，没有主干形成“灌丛沼泽”（周以良等，1997）。

灌木层高 1.5m，盖度为 20%～40%，主要由柴桦组成，混生有少量的红瑞木、蓝靛果忍冬、珍珠梅、柳叶绣线菊、杜香；同时常见有笃斯越橘，边缘地带可见有毛叶悬钩子、白桦幼树。

草本层较发育，高 15～90cm，盖度为 60%～80%，可分为两个亚层。第一亚层高 50～80cm，盖度为 40%左右，主要组成种是地榆、小白花地榆、小叶章、单穗升麻、单叶返魂草、箭头唐松草、蚊子草等；第二亚层高 15～50cm，以修氏苔草为优势，盖度占 50%～70%，频度为 60%，其次是狭叶甜茅。种类较多的是耐荫喜湿的植物种，如，小叶芹、午鹤草、林问荆、水木贼、鸡腿堇菜、七瓣莲等。此外，在透光较好的地段，还生长较多的广羽金星蕨、大鳞毛蕨。草丛间混生草本状小灌木越橘、北悬钩子。

层间藤本植物仅在土层肥厚地出现，有单株生长的山葡萄和五味子。

苔藓植物层较发育，盖度可达 30%，主要组成种为粗叶泥类藓、尖叶泥类藓和直叶金发藓等。

3.2 生活型谱特征

在毛赤杨灌丛组成植物生活型中，草本地下芽植物种类最多为 34 种，种类系数为 33.01%；其次是草本地面芽植物 28 种，种类系数为 27.19%，二者是草本层主要组成。高位芽植物 23 种，种类系数为 22.33%，但盖度很高，它决定了群落外貌。地上芽植物种类虽少，但个别种盖度较大，成为草本层的重要成分；1 年生植物、藤本植物盖度小，均处于从属地位。本类型内常见的苔藓植物种类虽较多，但盖度很低，亦处于附属地位（表 6）。

表 6 洪河自然保护区毛赤杨灌丛生活型谱和频度级

生活型类别	生活型谱种类	种类系数%	植物在群落中出现的频度级					
			1	2	3	4	5	6
			100～80	80～60	60～40	40～20	20～10	10以下
高位芽（ph）	23	22.33	1	1	2	3	8	8
地上芽（Ch）	3	2.91	0	1	0	0	1	1
地面芽（H）	28	27.19	0	1	1	2	8	16
地下芽（G）	34	33.01	0	0	1	1	16	16
一年生植物（Th）	4	3.88	0	0	0	0	2	2
藤本植物	2	1.94	0	0	0	0	1	1
苔藓植物	9	8.74	0	0	0	0	4	5
合　计	103	100	1		4	6	40	49

参考文献

吴征镒．1991．中国种子植物属的分布类型．云南植物研究，增刊Ⅳ：1～139

周以良等．1997．中国东北植被地理．北京：科学出版社
Kitagawa，M. 1979. Neo—Lineamenta Florae Manshuricae. J. CRAMER

STUDY ON BIOLOGICAL DIVERSITY OF HONGHE NATURAL RESERVE IN THREE RIVER PLAIN

Ⅰ. STRUCTURAL COMPOSITION AND COMMUNITY CHARACTERISTICS OF *AINUS SIBIRICA* VAR. *HIRSUTA* SCRUB FOREST

Ni Hongwei，*Wu Haiyi*，*Zhou Ruichang*，*Gao Yuhui*
(Natural Resources Institute of Heilongjiang Sciences Academy，Harbin 150040)

There are 103 species found in *Ainus sibirica* var. *hirsuta* scrub forest in Honghe natural protection zone. They belong to 46 families and 80 genera，including 47 temperate spermatophyte genus. Most of them are Changbai Floristic elements，accounting for 41.71%，and the dominant life forms are Chamaephytes and Geophytes.

Key words：Floristic elements，Life form，*Ainus sibirica* var. *hirsuta* scrub forest，Honghe natural protection zone

三江平原洪河自然保护区生物多样性研究*

Ⅱ. 狭叶甜茅沼泽

倪红伟　周瑞昌　吴海一　高玉慧
（黑龙江省科学院自然资源研究所，哈尔滨 150040）

摘要　洪河自然保护区狭叶甜茅沼泽共有植物 55 种，隶属于 26 科 40 属。其中温带分布种子植物有 20 个属。区系成分以长白植物区系种居多，占 37.61%。生活型则以草本地面芽、地下芽植物为优势。

关键词　植物区系　生活型　狭叶甜茅沼泽　洪河自然保护区

1　种类组成

本类型分布在河漫滩、碟形洼地上，见于各类洼地中部积水较深的地区，土壤为腐泥沼泽土、泥炭沼泽土。主要优势植物为狭叶甜茅，常见植物 55 种，其中包括苔藓植物 6 种，蕨类植物 2 种，种子植物 47 种，隶属于 26 科 40 属。

本类型组成植物隶属于 26 科，按含有属的数排序是，禾本科（3 属）、菊科（3 属）、蔷薇科（3 属）、莎草科（3 属）＞毛茛科（2 属）、伞形科（2 属）、玄参科（2 属）、蓼科（2 属）、桔梗科（2 属）；按含有属的数量可将组成科分成 3 类，即含 3 个属的科 4 个，占总科数的 15.39%；含 2 个属的科 5 个，占总科数的 19.23%；含 1 个属的 17 个，占总科数的 65.30%（表 1）。

表 1　洪河自然保护区狭叶甜茅沼泽植物组成科的统计

科的类别	科数	科的统计 占总科数的%	种数	种的统计 占总种数的%	合计
含 3 个属的科	4	15.29	21	38.18	
含 2 个属的科	5	19.23	13	23.64	
含 1 个属的科	17	65.38	21	38.18	

本类型植物组成分属于 40 属，按含种数的排序是，苔草属（7 种）＞泥炭藓属（3 种）＞藨草属（2 种）、拂子茅属（2 种）、珍珠菜属（2 种）、泽芹属（2 种）、马先蒿属（2 种）、问荆属（2 种）、沙参属（2 种）；按含种数可将本类型组成属分成 4 类即含 7 个种的属 1 个，占组成总属数的 2.5%；含 3 个种的属 1 个，占组成总属数的 2.5%；含 2 个种的属 7 个，占组成总属数的 17.5%；含 1 个种的属 31 个，占组成总属数的 77.5%（表 2）。

---

* 黑龙江省自然科学基金、省攻关、省科学院基金资助项目。

表2 洪河自然保护区狭叶甜茅沼泽植物组成属的统计

属的类别	属数	属的统计 占总属数的%	种数	种的统计 占总种数的%
含7个种的属	1	2.5	7	12.73
含3个种的属	1	2.5	3	5.45
含2个种的属	7	17.5	14	25.46
含1个种的属	31	77.5	31	56.36

2 植物区系分析

2.1 属的地理分布区类型

依据吴征镒（吴征镒，1991）的分类标准，在本类型组成中，种子植物含温带分布的属20个，占组成植物总属数的55.55%。其中，包括北温带分布的属10个，即柳属、睡菜属、毒芹属、拂子茅属、马先蒿属、鸢尾属、蒿属、紫菀属、委陵菜属、十字兰属；北温带、南温带（全温带）间断分布的属6个，即驴蹄菜属、羊胡子苔草属、黑三棱属、水杨梅属、荨麻属、婆婆纳属；旧世界温带分布的属4个，即沼委陵菜、水芹属、橐吾属、沙参属，这些温带分布属的存在表明本类型植被的温带性质。世界分布属15个，占组成总属数的41.67%，即苔草属、甜茅属、狸藻属、芦苇属、珍珠菜属、泽芹属、水苏属、睡莲属、香蒲属、拉拉藤属、浮萍属、酸模属、半边莲属、蓼属、繁缕属。极地—高山分布的属1个，即金莲花属（表3）。

表3 洪河自然保护区狭叶甜茅沼泽植物属分布区类型统计

植物组成属的分布区类型	属数	植物组成属的分布区类型	属数
北温带分布	10	世界分布	15
北温带、南温带（全温带）间断分布	6	北极—高山分布	1
旧世界温带分布	4	合计	36

2.2 区系地理成分

依据Kitagawa（Kitagawa，1979）的划分标准，本类型组成植物种区系成分为长白植物区系成分（MA）占37.61%，大兴安岭植物区系成分（DA）占32.11%，华北植物区系成分（NC）占16.52%，内蒙古植物区系成分（MO）占13.76%（表4）。

表4 洪河自然保护区狭叶甜茅沼泽植物组成区系成分统计（种子、蕨类植物）

单区	成分种	两区共有成分种	三区共有成分种	四区共有成分种	合计	占总组成比例%
长白植物区系种（MA）	7	21	6	7	41	37.61
大兴安岭植物区系种（DA）	5	17	6	7	35	32.11
华北植物区系种（NC）	0	8	3	7	18	16.52
蒙古植物区系种（MO）	1	4	3	7	15	13.76

在本类型植物组成中，含单区成分13种，占总组成25.49%。其中，长白植物区系成分（MA）7种即漂筏苔草、小狸藻、小叶章、狭叶黑三棱、棉花莎草、长瓣金莲花、沼沙参；大兴安岭植物区系成分（DA）5种，即狭叶甜茅、细叶毒芹、狭叶香蒲、黄旗马先蒿、柳叶沙

参；内蒙古植物区系成分（MO）1种，即忽略野青茅（表5）。

在本类型植物组成中含两区共有成分25种，占总组成的49.02%，其中长白植物区、大兴安岭植物区两区共有成分（MA、DA）14种，即毛果苔草、湿苔草、水问荆、越橘柳、沼委陵菜、睡菜、驴蹄菜、大花马先蒿、乌拉苔草、燕子花、睡莲、大穗苔草、麻氏紫菀、半边莲；华北植物区、长白植物区两区共有成分（NC、MA）7种，即三棱藨草、沼拉拉藤、水芹、水杨梅、莓叶委陵菜、草甸箭叶蓼、十字兰；内蒙古植物区、大兴安岭植物区两区共有成分（MO、DA）3种，即水问荆、全缘橐吾、毛脉酸模；华北植物区、内蒙古植物区两区共有成分（NC、MO）1种，即水蒿（表5）。

本类型含三区共有成分6种，占总组成的11.76%，其中，华北植物区、长白植物区、大兴安岭植物区三区共有成分（NC、MA、DA）3种，它们是：球尾花、毛水苏、轮叶婆婆纳；长白植物区、内蒙古植物区、大兴安岭植物区三区共有成分（MA、MO、DA）3种，即修氏苔草、灰脉苔草、沼问荆。

本类型含长白植物区、华北植物区、内蒙古植物区、大兴安岭植物区四区共有成分（NC、MA、MO、DA）7种，占总组成的13.73%，即芦苇、狭叶泽芹、泽芹、黄连花、浮萍、狭叶荨麻、细叶繁缕（表5）。

表5 洪河自然保护区狭叶甜茅沼泽组成中各类区系成分统计（蕨类、种子植物）

	单区成分			两区共有成分				三区共有成分		四区共有成分
	MA	DA	MO	MA DA	NC DA	NC MO	MO DA	NC MA DA	MA MO DA	NC. MA. MO. DA
种数	7	5	1	14	7	3	1	3	3	7
小计		13			25			6		7
占总种数比例%		25.49			49.02			11.76		13.73

3 群落特征

3.1 群落类型及其特征

狭叶甜茅沼泽分布较广，可分为狭叶甜茅—毛果苔草、狭叶甜茅—漂筏苔草—小叶章两个类型。

3.1.1 狭叶甜茅—毛果苔草沼泽

本类型多分布在河漫滩和碟形洼地上，土壤为腐殖质沼泽土或泥炭土，多为毛果苔草沼泽被破坏后形成，地表积水10cm左右。优势种是狭叶甜茅，毛果苔草为次优势种，草层高60～80cm，总盖度为80%，可分为两层：第一层高50～80cm，以狭叶甜茅、毛果苔草为主体，伴生植物有小叶章、忽略野青茅、漂筏苔草、芦苇、黄连花、乌拉苔草、狭叶泽芹，还偶见有零星分布的越橘柳，本层盖度可达50%以上，上述这些种类，因地段不同有所变化。第二层高50cm以下，盖度20%～30%，常见植物有球尾花、驴蹄菜、睡菜、水问荆等。

3.1.2 狭叶甜茅—漂筏苔草—小叶章沼泽

本类型分布在河漫滩及线型洼地上，土壤为腐泥沼泽土、泥炭沼泽土，地表常年积水，积水深为10cm左右。狭叶甜茅、漂筏苔草为优势种，伴生有小叶章等，总盖度为80%～90%，草层高100～40cm。本群落可分成两层：第一层高100～60cm，盖度可达60%以上，组成中

狭叶甜茅、漂筏苔草为优势种，伴生植物有小叶章、大穗苔草、芦苇、狭叶香蒲、水木贼、燕子花、忽略野青茅、朝鲜棉花莎草、水芹、球尾花，有时还混生单株的越橘柳；第二层高60cm以下，盖度可达30%，常见种为睡菜、小狸藻、沼委陵菜、沼拉拉藤等。

3.2 生活型特征

本类型群落结构按生活型分析，草本地面芽植物占优势种为22种，种类系数为40%，有些种类的频度达80%，决定了群落外貌，为群落主要组成部分；草本地下芽植物17种，种类系数为30.91%，但盖度小，频度低，居次要地位；草本地上芽植物种类为8种，种类系数为14.45%，而且有些种类盖度较高，构成群落的次优势成分；苔藓植物6种，种类系数为10.91%，但盖度小、处从属地位；1年生植物、高位芽植物种类少、盖度小、频度低，处附属地位（表6）。

表6 洪河自然保护区狭叶甜茅沼泽生活型谱和频度级

生活型类别	生活型谱种类	种类系数%	植物在群落中出现的频度级					
			1 100～80	2 80～60	3 60～40	4 40～20	5 20～10	6 10以下
高位芽（Ph）	1	1.82	0	0	0	0	0	1
地上芽（Ch）	8	14.54	0	0	3	1	1	3
地面芽（H）	22	40	0	1	0	2	6	13
地下芽（G）	17	30.91	0	0	0	0	7	10
一年生植物（Th）	1	1.82	0	0	0	0	0	1
苔藓	6	10.91	0	0	0	0	2	4
合计	55	100	0	1	5.46	5655	29.08	32

参考文献

吴征镒.1991.中国种子植物属的分布类型.云南植物研究，增刊Ⅳ：1～139

Kitagawa，M. 1979. Neo-Lineamenta Florae Manshuricae. J. CRAMER

STUDY ON BIOLOGICAL DIVERSITY OF HONGHE NATURAL RESERVE IN THREE RIVER PLAIN

Ⅱ. *GLYCERIA TRIFLORA* MARSH

Ni Hongwei，*Zhou Ruichang*，*Wu Haiyi*，*Gao Yuhui*

(Natural Resources Institute of Heilongjiang Sciences Academy，Harbin 150040)

There are 55 species of plants in Honghe natural protection zone. They belong to 26 families and 40 genera，including 20 temperate spermatophyte genera. Most of them are Changbai Floristic elements，accounting for 37.61%. The dominant life forms are Chamaephytes and Geophytes.

Key words：Floristic elements，Life form，*Glyceria triflora* marsh，Honghe natural protection zone

绿洲生态系统多样性*

潘伯荣

（中国科学院新疆生态与地理研究所，乌鲁木齐 830011）

摘 要 绿洲是干旱区的特殊景观类型，是镶嵌在荒漠中的“绿色岛屿”——嵌块体和廊道，是人类赖以生存的重要地理环境。绿洲是干旱自然地理条件下，利用外来补给径流（地表的或地下的）而发展起来的自然植被和灌溉经济社会区域。绿洲有天然绿洲、人工绿洲和老绿洲、新绿洲之分。绿洲生态系统的总体格局简单。天然绿洲生态系统仅包括平原河岸（谷）林（吐加依林）生态系统和低地草甸生态系统；人工绿洲生态系统因高级消费者——人类的种族、文化、宗教、信仰、生活方式、生产方式等不同，却有着多样性的特点——生境、生物群落、生态过程、生态系统、景观和文化多样性。特殊的自然条件对绿洲生态系统的作用极大，反之，绿洲生态系统又影响着自然环境。水是影响绿洲生态系统稳定的基本条件；光和热有利于绿洲生态系统的能量交换和物质循环；土和盐碱决定了植物群落的结构和组成……绿洲生态系统养育了干旱、半干旱区的高级消费者——人类，人类又是绿洲生态系统兴衰和发展的主宰。

关键词 干旱区 荒漠 绿洲生态系统 多样性

1 前言

全球干旱区（包括半干旱区）的面积为 4 879.6×10^6km^2（李克让等，1987）约占陆地面积的 37.2%；如以≤250mm 降水量的地区为划分标准，地球上全部干旱区（包括异常干旱区——极干旱区和半干旱区）的总面积为 5 700×10^6km^2，占陆地面积的 43%，主要分布在非洲、大洋州和亚洲（李佩成，1988）。根据最新资料，按湿润指数（年降水量与可能蒸散量之比）划分，中国干旱区面积（包括干旱区、半干旱区和极干旱区）为 2 819 297.6km^2（慈龙骏，1997），占国土面积的 29.4%。

干旱区土地、光热、矿藏（尤其是石油和天然气）资源丰富，养育着世界 10%以上的人口，也是世界各干旱区国家在社会和经济发展中具有潜力的地区。我国干旱区（半干旱）的分布，包括贺兰山以西，祁连山和昆仑山以北的广大地区，即新疆全部（较湿润的山区除外）、甘肃的河西走廊、青海的柴达木盆地、内蒙古和宁夏西部阿拉善高原。约有 1.7×10^8 人生活在干旱区，约占中国总人口的 14%（黄文房，1998）。

---

* 中国科学院重大项目支持研究课题 KZ951—B1—213—02。

干旱区是由山地、荒漠和绿洲三大地理景观组成，其中绿洲是核心，没有绿洲就没有干旱区的人类生存和发展的空间。因此，认识和研究绿洲已成为当今世界自然科学和社会科学共同重视的焦点之一。在探索绿洲经济与人、资源、环境相协调的发展模式中，必须关注绿洲生态系统的研究。

2 绿洲的概念

绿洲译自英语“Oasis”，也曾译为“沃洲”、“沃野”。“Oasis”一词渊源于拉丁语或古希腊语，这也反映了人类认识和依赖绿洲的历史。

对绿洲的解释多种多样，各类词典（辞典）分别是这样定义的：

“沙漠中有水、草的地方（《现代汉语词典》，1983)”；

“绿洲也叫‘沃洲’。荒漠中通过人工灌溉农牧业发达的地方，一般见于河流两岸，泉、井附近以及受高山冰雪融水灌注的山麓地带，如中亚河流两岸的中国天山、祁连山山麓一带的绿洲。南极洲边缘没有大陆冰层覆盖岩石裸露、鸟兽集聚的地方，也叫绿洲（《辞海》，1979)”；

“绿洲又称‘沃洲’。荒漠中水源丰富可供灌溉，土壤肥沃的地方。分布在大河附近，洪积扇边缘地带，呈带状、点状分布。绿洲上植物生长良好，与周围戈壁、沙漠景观截然不同，犹如沙漠中绿色的岛屿，故名。面积大小不一，经长期开发，一些较大的绿洲成为农牧业发达和人口集中的地方。我国昆仑山、天山和祁连山山麓均有分布。也有把南极洲边缘没有大陆冰层覆盖的岩石裸露、鸟兽集聚的地方叫绿洲（《地理学词典》，1983)”；

“荒漠和半荒漠地区由于靠近河流或潜水而使天然灌水充盈，植被繁茂、人烟稠密的地段。南极大陆上没有冰层覆盖的地方（《苏联百科辞典》，1986)”；

“沙漠中的沃土，终年水源不断。绿洲大小不一，从小泉水周围 $1hm^2$ 左右至大面积有天然水或灌溉的土地。绿洲的水源大多来自地下；泉和井（有些是自流井）由砂岸含水层补给，其受水区可能远在 800 多 km 以外，例如利比亚荒漠的哈尔加绿洲和达赫拉绿洲。撒哈拉 2/3 的人口在绿洲定居。只要能灌溉，这些地区有适于植物迅速生长的温度（《简明不列颠百科全书》，1986)”。

“绿洲又称沃洲。荒漠地区中水源丰富，土壤肥沃，草木茂盛的地方。主要呈带状、点状分布于大河（沿岸，洪积扇边缘地下水溢出带，高山融雪水、冰水流出的山麓地带。有时沙漠区风蚀洼地，地下水露出，亦可形成绿洲。在干旱的沙漠、戈壁景观中，绿洲如同绿岛，生机盎然，是农牧业发达和人口密集的地方。在我国河西走廊、塔里木盆地四周、祁连山山麓，皆有分布。此外，在南极洲边缘未被大陆冰覆盖，岩石裸露，低等植物生长，企鹅等集聚的地方，也称为绿洲（《环境科学大辞典》，1991)”。

我国的许多学者又分别是这样认识的：

“绿洲干旱荒漠区普遍存在的地理现象，它是全球范围内独具特色的自然景观，也是荒漠区最富有生机的地区。地球上的荒漠主要分布在亚热带和温带。亚热带荒漠包括撒哈拉荒漠、阿拉伯荒漠和澳大利亚荒漠等；温带荒漠包括亚洲中部的土库曼斯坦、乌兹别克斯坦、哈萨克斯坦、蒙古和中国西北地区等，这些区域内都分布着众多的绿洲（王树基，1988)”；

“在荒漠和半荒漠地区，凡水、土、热相协调的地方，生长着适应的植被（天然和人工）

的地类。所谓“黄缎子上镶嵌的绿宝石”，是指广义的绿洲（严庚雪，1989）”；

“干旱区的一种地理景观，它寓于荒漠，异于荒漠。由于河流、泉水和灌溉工程，引起局部条件改善，导致植被摆脱当地降水条件的制约，形成绿洲（黄培祐，1989）”；

“现代绿洲是人类利用与改造干旱荒漠区内某些地段的自然条件、令其植物能够很好生长并生产一定的生物量而具有的绿色生态系统区域、这种绿洲乃是自然因素与人为因素综合作用的产物（黄盛璋，1990）”；

“存在于干旱荒漠区域之中，孤立散开，不受当地降水制约，经常有水草，以引水和人工灌溉为依托，可供植物良好生长，人与生物相对集聚，并具有较高产出量的镶嵌系统（黄文房，1998）”；

“荒漠地区有水源，可供人类居住，植被繁茂生长的一个特殊的荒漠生态子系统（李述刚等，1998）”。

对绿洲的研究还有很多（高华君，1987；陈正江、韩德林，1992；樊自立，1993；沈玉凌，1994；李洪才，1997 等），最为突出的是，在 1994 年 10 月，由新疆六个学会联合召开的“新疆绿洲生态与环境”学术研讨会上，许多专家、教授分别就“绿洲”的概念论述了各自的观点（毛德华，任望兵，王彦丽，刘秀娟，冯亚斌，赵成义，阎顺，1994），最后，“通过讨论会，基本明确了过去争议较多的关于‘绿洲’的概念。绝大多数代表认为绿洲是干旱半干旱气候条件下，在荒漠半荒漠区以水分条件为基础的绿色地带。其中原生的绿色植被带应称为‘自然绿洲’。在人工灌溉条件下形成的具有较高生产力的供人类生活、生产居住的绿色植被带应称为‘绿洲”，也称‘人工开发绿洲’。人工开发绿洲是在自然绿洲和荒漠戈壁上经人类开发而形成的，它包括了绿洲农业生态系统，也包括了分布其间的城市生态系统。”这里不仅基本统一了“绿洲”的概念，同时还涉及到了“生态系统”的问题（袁国映，1994）。

尽管长期以来，人们对绿洲的概念有着不同的认识和理解，但有几点认识是共同的，即①绿洲所在的地理位置明确，或指荒漠或指沙漠；②离不开水源条件；③必须有植物或植被。由此可见，准确定义绿洲必须考虑到：

* 存在于干旱区（包括极干旱区和半干旱区）的荒漠和半荒漠中。即便提到沙漠也是指广义的沙漠（Desert），并非是指狭义的沙漠（Sandy desert）。为区别于南极洲的绿洲，应准确称其为“荒漠绿洲”；

* 有外来的水源供给，但这里并不包括天然降水；

* 有植物和其他生物生存，或者还有人类生存。

因此，绿洲的概念应是：干旱、半干旱地区的特殊景观类型，是镶嵌在荒漠、半荒漠中的“绿色岛屿”——嵌块体和廊道，是人类赖依生存的重要地理环境。绿洲是干旱自然地理条件下，利用外来补给径流（地表的或地下的）而发展起来的自然植被和灌溉经济社会区域。

由于不同时期人类活动的干预，绿洲又有天然绿洲（自然绿洲）、人工绿洲和老绿洲（古绿洲、旧绿洲）、新绿洲之分。

3 绿洲的分布

全球绿洲的分布主要集中在北非、西南亚、中亚、西南非、北美中西部、南美西南部和澳大利亚等 7 个区。各大洲含有绿洲的国家数是：北非 8 个、亚洲 21 个、欧洲 5 个、北美 2

个、南美19个、大洋洲1个。亚洲的绿洲面积最大，大约13 000万 hm^2。我国绿洲主要分布在祁连山和昆仑山北麓、天山南北麓、河套平原等地区。其中以新疆绿洲最为广泛，有大小绿洲8000个，面积约 $7\times10^4km^2$，约占全疆总土地面积的4%（黄文房，1998）。

我国西北干旱区的现代绿洲星罗棋布。塔里木盆地和准噶尔盆地中部被大沙漠占据，绿洲主要分布在沙漠边缘和盆地周边山地山麓地带：河西走廊的绿洲大多在紧靠祁连山的走廊南侧：柴达木盆地的绿洲则集中分布在水资源相对较多的盆地东南部。新疆现今86个县市所在地就是80多片大绿洲，其中塔里木盆地边缘42个，准噶尔盆地边缘28个，其他分布在哈密—吐鲁番盆地和伊犁河谷地中。河西走廊的21个县市所在地构成19片大绿洲。柴达木盆地40多个城镇和居民点（乡所在地以上）也是40多个小绿洲（王树基，1998）。

4 绿洲生态系统的多样性

4.1 绿洲生态系统的结构与类型

绿洲生态系统总体格局简单。考虑到主要生物（包括人类）栖息和生存的环境是陆地，以及对绿洲概念的传统认识，将其归入陆地生态系统类（依孙儒泳，1987），基本结构和类型如图1所示。广义的绿洲生态系统还应包括水域生态系统，自然生态系统中有河流、湖泊（淡水湖、咸水湖和盐湖），人工生态系统中还有水库、水渠和坎儿井等。

4.2 绿洲生态系统多样性

以人工生态系统为主体的绿洲生态系统因高级消费者—人类的种族、文化、宗教、信仰、生活方式、生产方式等不同，却有着多样化的特点—生境、生物群落、生态过程、生态系统、景观和文化多样性。特殊的自然条件对绿洲生态系统的作用极大，反之，绿洲生态系统又影响着干旱、半干旱区的自然环境。水是影响绿洲生态系统稳定的基本条件；光和热有利于绿洲生态系统的能量交换和物质循环；土和盐碱决定了植物群落的组成和结构；气候限制了作物的品种和园林绿化的植物种类……。绿洲生态系统因结构的不同，功能上存在着差异。其多样性的特点表现在以下各方面：

* 生境的多样性：地质、地形、地貌、气候、土壤、水文、盐碱等；

* 生物群落的多样性：基因、物种、组成、结构、动态、布局、规模等；

* 生态过程和管理的多样性：能流、物流、时间、空间、决策（法律、法规、政策、观念等）等；

景观的多样性：区域、起源、大小、形状、数量、类型、外貌等

文化的多样性：种族、宗教、语言、风俗、习惯、科技、教育、交通、建筑等。

总之，绿洲生态系统养育了高级消费者——人类，人类又是绿洲生态系统兴衰和发展的主宰。

4.3 绿洲生态系统与荒漠生态系统的关系

绿洲生态系统是荒漠生态系统的组成部分，这并非新的见解（赵成义等，1994；李述刚等，1998）。绿洲生态系统又是荒漠生态系统的特殊类型，它寓于荒漠生态系统，异于荒漠生态系统。绿洲生态系统同荒漠生态系统一样脆弱。绿洲生态系统与荒漠生态系统总体属于陆地生态系统的范畴，但其中还包含有水域生态系统的许多类型。由于人类合理或不合理的干预，绿洲生态系统与荒漠生态系统可相互逆转。绿洲生态系统应确切称为荒漠绿洲生态系统。

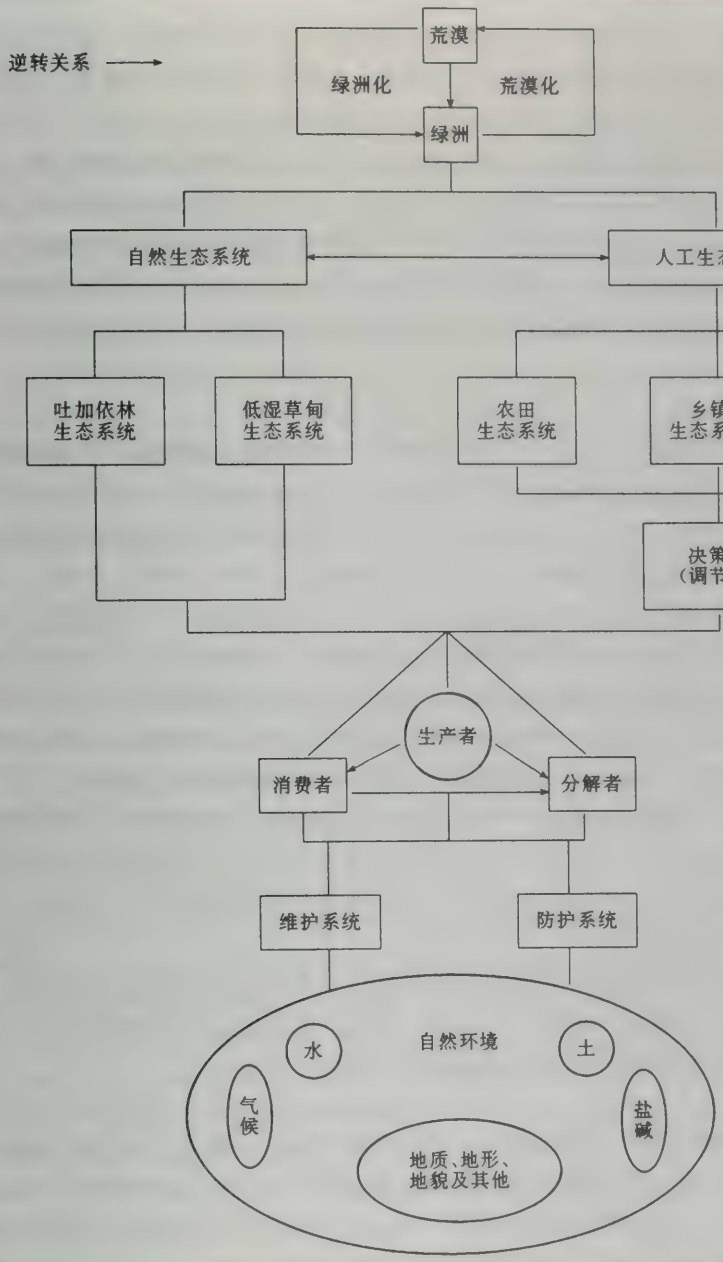


图1　绿洲生态系统的结构与类型

5　有关问题的讨论

5.1　生态系统

地理学界谈到的系统甚至是生态系统与当今生物多样性中的生态系统往往有本质上的差别，须在学术上予以澄清。康幕谊先生关于城市生态学的著作中（1997），对于生态系统的概念、结构、功能等的论述是很清楚的，但具体谈到城市生态系统时，却认为“人类是城市生

态系统中的生产者，城市的一切设施都是人创造的。人类用自己的汗水和智慧，把大自然改造得适合人类的心愿。人类的生命活动是生态系统中能流、物流和信息流的一部分，人类亦具有其自身的再生产过程。”尽管人类生态学的兴起以及自然科学与社会科学的交叉，国内外众多学者已开始考虑“人类总体生态系统（total human ecosystem，简称 THE)”和“社会—经济—自然复合生态系统（social-economic-natural complex ecosystem，简称 SENCE)”的问题，这已经归属复杂性（complexity）科学的范畴。但生态系统的基本概念是不容置疑的，这就是 157 个国家在巴西里约共同签署的《生物多样性公约》第 2 条“用语”中所明确表述的：“‘生态系统’是指植物、动物和微生物群落和它们的无生命环境作为一个生态单位交互作用形成的一个动态复合体”。

5.2 生态系统类型

孙儒泳先生的生态系统分类途径（1987）需要再商榷：①按能量来源划分中的第四类不应该是指“城市工业系统”，应称其为“技术生态系统（techno ecosystem)”。它可以不依靠太阳供能，而仅依赖燃料供能（如人造太阳提供植物进行光合作用的条件）；②按生境性质划分中只应包括陆地生态系统和水域生态系统两大类，其中水域应分为海洋、河流、湖泊、水库等。对此，陈灵芝先生在分析中国生态系统多样性时（1993）也明确指出：“在水生生态系统中有各类河流生态系统和湖泊生态系统以及海洋生态系统等等”。但遗憾的是，在具体论述时又按孙儒泳先生的生态系统分类途径，将河流和湖泊统归入“淡水生态系统”中。尤其是在“湖泊概况”中介绍“蒙新湖区”已说明：“本区气候干燥，降水稀少，蒸发量大，湖水浓缩，含盐高，大多为碱水湖或盐湖，如柴达木盆地的 55 个湖泊中，咸水湖和盐湖又 31 个，占 56.3%，这些又怎能归属到“淡水生态系统”？干旱区湖泊大都为咸水湖或盐湖。按照湖泊的矿化度分类小于 1g/L 是淡水湖，在 1～35g/L 之间是咸水湖，大于 35g/L 是盐湖。例如在新疆 139 个湖中，只有 3 个是淡水湖（汤奇成等，1992)。在“湖泊生态系统”中，却应该分为淡水生态系统和咸水生态系统的类型。

另外，陈灵芝先生根据“中国植被”划分的 595 类陆地生态系统是指自然生态系统，如将绿洲生态系统归入荒漠生态系统中，就远不止 52 类。因此，生态系统的分类还是已个仍在探讨的问题，存在着差异很大的多个分类系统或途径（马克平，1997)。

5.3 其他

5.3.1 对热带生物多样性保护是当今世界的热点，对干旱荒漠地区（其实也含热带）的生物多样性保护也不应等闲视之。1992 年世界环境与发展大会通过的《二十一世纪议程》不仅签署分布了《生物多样性公约》，1994 年又签署公布了《联合国关于在发生干旱和/或荒漠化的国家特别是在非洲防治荒漠化的公约》，应将两项内容紧密结合起来。

5.3.2 “人、资源与环境”是当今世界关注的焦点问题。生物多样性保护和可持续利用的核心是研究生物资源及其与环境的关系，其目的是为了人类自身。研究和保护生态系统多样性也就是对“资源与环境”问题的最大关注，而人工生态系统则是“人、资源与环境”关系的典型体现，荒漠绿洲生态系统又是开展这方面研究的最佳切入点。中国科学院对新疆生物土壤沙漠研究所和新疆地理研究所的整合，成立新疆生态与地理研究所的新方向之一，也就是综合多种学科的研究力量，在该领域进行探索，并作出有显示度的贡献。

6 结语

由于荒漠绿洲生态系统中无机环境的严酷和多样化，以及生物基因、物种的特殊和多样化，导致了生态过程的多样化。依赖干旱区荒漠绿洲生态系统生存的人类，既是该系统中的主要消费者，又是调节者和决策者。人类对荒漠绿洲生态系统的积极干预是为了自身的发展、为了寻求最大生态社会效益，因而也使得该系统的生态过程和管理出现了复杂性。

研究荒漠绿洲生态系统应注重保护生物学的研究，同时丰富和发展这一综合的新兴交叉学科；研究荒漠绿洲生态系统应将生物多样性保护和荒漠化防治紧密结合起来，并注意这两者的有机融合。总之，研究荒漠绿洲生态系统必须在其功能和管理方面真正下功夫。研究荒漠绿洲生态系统的同时，要关注大学科的交叉与融合、新学科的产生与发展。

保护生物多样性就是保护人类自己，认识和研究荒漠绿洲生态系统同样是为了干旱、半干旱区的可持续发展。

参考文献

慈龙骏 . 1997. 中国荒漠化气候类型划分与中国荒漠化潜在发生范围的确定 . 中国沙漠，17（2）：107～108

陈灵芝（主编）. 1993. 中国的生物多样性：现状及其保护对策 . 北京：科学出版社

陈正江，韩德林 . 1992. 绿洲经济——生态系统及其研究方法 . 干旱区地理，15（增刊）：12～18

《地理学词典》编辑委员会 . 1983. 地理学词典 . 上海：上海辞书出版社

高华君 . 1987. 我国绿洲的分布和类型 . 干旱区地理，10（4）：21～29

樊自立 . 1993. 塔里木盆地绿洲形成与演变 . 地理学报，48（5）：421～426

冯亚斌 . 1994. 干旱区绿洲形成演变与开发利用研究 . 新疆环境保护，16（4）：26～29

黄培祐 . 1989. 干旱区绿洲生态环境的保护与建设策略初探 . 新疆环境保护，（4）：2～5

黄盛璋 . 1990. 中国历史地理论著（第二辑）：论绿洲研究与绿洲学，1～12

黄文房等 . 1998. 绿洲发展与生态环境建设：绿洲，干旱区研究的前沿领域 . 乌鲁木齐：新疆科技卫生出版社

《环境科学大辞典》编辑委员会 . 1991. 环境科学大辞典 . 北京：中国环境科学出版社

《简明不列颠百科全书》中美联合编审委员会 . 1986. 简明不列颠百科全书 . 北京，上海：中国大百科全书出版社

蒋志刚，马克平，韩兴国（主编）. 1997. 保护生物学 . 杭州：浙江科学技术出版社

康慕谊 . 1987. 城市生态学与城市环境 . 北京：中国计量出版社

李洪才 . 1997. 西部资源环境科学研究中心 1997 年第三次学术报告会 . 资源生态环境网络研究动态，8（2）：40～43

李克让，沙万英 . 1987. 我国干旱区气候及其展望 . 地理知识，（1）：4

李述刚等 . 1998. 荒漠绿洲农业生态系统 . 北京：气象出版社

刘秀娟 . 1994. 对绿洲概念的哲学思考 . 新疆环境保护，16（4）：13～18

陆平，严庚雪（主编）. 1990. 新疆森林：沙漠和绿洲 . 乌鲁木齐：新疆人民出版社，中国林业出版社

马克平 . 1993. 试论生物多样性的概念：生物多样性，1（1）：20～22

毛德华 . 1994. 新疆绿洲与生态环境 . 新疆环境保护，16（4）：6～8

任望兵，王彦丽 . 1994. 绿洲研究的若干认识问题——兼论绿洲经济发展方略 . 新疆环境保护，16（4）：9～13

孙儒泳．1987．动物生态学原理．北京：北京师范大学出版社
沈玉凌．1994．"绿洲"概念小议．干旱区地理，17（2）：70～73
舒新城（主编）．1989．辞海．上海：上海辞书出版社
《苏联百科词典》译审委员会．1986．苏联百科词典．北京，上海：中国大百科全书出版社
汤奇成，曲耀光，周聿超．1992．中国干旱区水文及水资源利用．北京：科学出版社
王树基．1988．干旱区地理研究中的基本认识问题．干旱区地理，(2)
赵成义，阎顺．1994．绿洲及其高效益持续发展．新疆环境保护，16（4）：38～43
中国社会科学院语音研究所词典编辑室．1983．现代汉语词典．北京：商务印书馆

DIVERSITY OF OASIS ECOSYSTEM

Pan Borong
(Xinjiang Institute of Ecology and Geography, the Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011)

Oasis is a special landscape type in the arid regions with the shapes of inlayer and corridor embedded in the desert as the "Green Island", and become the important geographical environment for human. Oasis is the region of natural vegetation and irrigation economic society developed from utilization of outside supply runoffs (surface and ground) under the arid geographical conditions. The Oasis includes the Natural Oasis, Artificial Oasis, Old Oasis and New Oasis. The general pattern of oasis ecosystem is simple. The Natural Oasis Ecosystem only includes the Plain Bank (Valley) Forest Ecosystem and Low Land Meadow Ecosystem. However, the Artificial Oasis Ecosystem has the diversified habitats biological communities, ecological processes, ecosystems, landscapes and cultures because of the different race, religion, conviction, life style and production type. The special natural conditions have bigger effects on Oasis ecosystem, on the other side, Oasis ecosystem also influence the natural environment. Water is the basic condition for stability of Oasis ecosystem. Light and heat are useful to the energy exchange and material circulation of Oasis ecosystem. Soil and alkaline-salt can determine the structure and composition of plant community. Oasis ecosystem brings up the human—the senior consumer of arid and semi-arid regions, and at the same time, human dominates the rise and fall of Oasis ecosystem and its development.

Key words: Arid region, Desert, Oasis ecosystem, Diversity

广东退化坡地上农业生物多样性*

任　海　彭少麟　向言词　唐小焱

（中国科学院华南植物研究所，广州 510650）

摘要　广东省退化坡地面积 94 572.1 km^2，在退化坡地上进行生产的复合农业生态系统有 500 余种。生态系统多样性与地形和生态经济因素有关。全省坡地上分布着野生维管束植物 4 038 种，水果 270 多种，农作物 40 余种，蔬菜 200 多种，物种多样性与气候相关性比较大；坡地上农业生物的遗传多样性比较复杂，生态适应性会导致遗传多样性。农业开发对退化坡地生物多样性的影响表现在：不适当的三高农业与农业产业化会减少多样性；进行绿色食品生产会增加多样性；农业生物技术对多样性的影响具双面性，为提高经济效益可在农业生态系统中增加一定的多样性，耕作制度、政策、市场经济、产销等对生物多样性也有影响。对退化坡地的农业生物多样性进行保护和利用，在生态系统水平主要进行治理和生境的恢复及土地的合理使用；在物种和品种水平主要是对地方品种的农家管理和保护，对比较宝贵的种质资源进行异地保护和原地保护。

关键词　农业生物多样性　退化坡地　广东省

广东不但是一个农业大省，同时又是一个人口大省，现在全省总人口已超过 7 000 万，人均耕地仅 0.01 hm^2。随着人口的继续增长和经济的迅速发展，农村城市化和工业化进程加快，农业生态环境日趋恶化，农业开始向坡地转移。坡地是广东一种主要土地类型，但由于历史上各种人为和自然的干扰，大部分坡地生态系统的生态平衡被破坏，坡地生态系统的结构和功能也因受到损害而退化（余作岳和彭少麟，1997）。要在这些原生植被消失、土壤贫瘠、生产力低的退化坡地上开展农业生产，尤其是绿色食品生产，摸清广东坡地分布及其农业生物多样性现状是基础。本调查旨在了解广东退化坡地上的农业生物多样性情况，以便更好地利用这些生物多样性进行农业开发，促进广东省农业的可持续发展。

1　自然概况

广东省纵跨热带、南亚热带和中亚热带，介于 20°12′N～25°31′N、109°45′E～117°20′E，辖有广州、深圳等 20 个地级市，76 个县（市），3 个自治县和 40 个市辖区。全省现有陆地面积 17.85 万 km^2，其中山地占 21%，丘陵地占 41%，台地占 13%，平原盆一谷地占 25%，呈现“七山一水二分田”的格局（凌伯棠，1994；林举英，1988）。

* 国家自然科学基金重大项目（3989370）和中美日国际合作课题资助。

广东省居北半球副热带高压带和信风带范围之内，受季风的影响，形成了特有的季风气候，常年温暖多雨。年太阳辐射总量为4 200～5 400 MJ/m²·a，年降雨量1 500～2000mm，广东的季节性气候不明显，4月～9月为高热高湿期，各月均温为20～28℃，此时雨量占全年80%，1月～3月为低热低湿期，各月均温10～18℃。

广东省的土壤随纬度由北而南呈带状分布着红壤、赤红壤和砖红壤，土壤普呈酸性反应，有山地、丘陵、台地、平原、滩涂和水域等土地利用类型。地带性植被主要为季风常绿阔叶林、常绿阔叶林和季雨林，但由于人类干扰，地带性植被已损失殆尽，仅部分地方残存块状天然林，后经人工造林，至1993年全省森林覆盖率达53.6%。

2 调查过程与方法

本研究主要采用面上调查与定点研究相结合的方法进行（任海和彭少麟，1997；陈荣均，1995）。1989～1997年在鹤山市、东莞市、陆丰县、河源市等地进行定点研究，并对全省部分市县进行面上调查。1998年上半年，调查各地级市主要县市的农业委员会等单位的负责同志和部分农场主，访问了省农业厅、国土厅、林业厅等有关部门，并在有关农业用地中进行了样方调查。调查内容包括各地退化坡地上的传统和现有农业生产模式（模式的组成、生产过程、投入与产出），农、林、牧、副、渔的主要种类，各种的主要品种，各种农业生产经营的经济和社会效益，部分果园的物种多样性等。

3 广东省退化坡地分布情况

广东省有坡地135 103.02 km²，占全省土地总面积的75.94%，分布于全省每个市县，其中韶关、梅州、清远、河源、广州、惠州、肇庆和江门等8市的坡地均在10 000 km²以上。坡地质量按宜种植、宜林、宜牧评价，分别有8.0%、91.44%和0.56%；按适宜程度评价，除宜林类外，均以质量较差的为主（表1）（周武昌等，1997）。

表1 广东坡地的农业评价（周武昌等，1997） 单位：km²

	适宜性评价面积%		适宜程度评价						合 计
			一等		二等		三等		
			面积	%	面积	%	面积	%	
宜种植	10 802.04	8.00	339.65	3.14	2 624.44	24.30	7 837.95	72.56	10 802.04
宜 林	123 534.70	91.44	43 283.60	35.04	49 935.89	40.42	30 315.21	24.54	123 534.70
宜 牧	766.28	0.56	2.63	0.34	59.86	7.81	703.79	91.85	766.28
总 计	135 103.02		43 625.88	32.29	52 620.19	38.95	38 856.95	28.76	135 103.02

由于长期受到自然和人为的干扰，广东省坡地面积的70%存在不同程度的退化，虽然这些坡地有的已经开发成林地或农业用地，但仍存在植被退化、水土流失、土壤贫瘠、水源枯竭、生产力低等问题。按退化的程度划分有极度退化的类型（如崩岗、光裸坡地、废弃矿地、垃圾场）、一般水土流失区、丘陵山地草坡和退化林地等四大类（余作岳和彭少麟，1997）。其中，崩岗和光裸坡地面积约1 103.8 km²，土地侵蚀面积达12 805 km²，其中，中度（土壤侵蚀模数为2 500～8 000 t/km²）有5 721km²，强度（土壤侵蚀模数＞8 000 t/km²）有1 823km²

（主要分布在梅州、肇庆、韶关、河源、茂名、云浮和湛江等 7 市），丘陵山地草坡 37 400 km^2，退化林地 43 263.3 km^2（周武昌等，1997；张经纬等，1994；Parham，1993）。

4 退化坡地上的农业生物多样性

生物多样性是生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和。生物多样性是一个内涵十分广泛的概念，包括了遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性和景观多样性 4 个层次，作为景观的退化坡地上的农业生物多样性包括生态系统多样性、物种多样性和遗传多样性（中国科学院生物多样性委员会，1994；闻大中，1995；肖笃宁，1991）。

4.1 农业生态系统多样性

一个区域内农业生态系统类型的多样性状况，可在一定程度上体现该区域的农业生态系统对光、水、热和农业生物等自然资源的开发利用程度，进而显示人们对农业生态系统调控和管理的水平。在 2 000 多年的历史进程中，由于各地水、土、气资源、生产习惯和经济条件的地域差异，广东省形成了许多各有区域特色的坡地农业生态系统，以生产多种多样的农产品满足社会和市场的需求。概括起来主要有两类，一类是单一型农业生态系统，另一类是复合型农业生态系统。在 1980 年以前，广东省坡地上进行农业生产，主要种植单一型的作物、蔬菜等为主，仅有少量复合型农业生态系统；其后，由于农村城市化和商品经济的发展，坡地农业开发受到重视，在坡地上开展了以水果和作物为主的复合型农业生产。目前，虽然全省各地复合生态系统类型不一样，但以多种利用为目的的复合农业生态系统的产值占坡地上农业生产总产值的 80%以上（中国科学院生物多样性委员会，1994；闻大中，1995；肖笃宁，1991）。

单一型农业生态系统就是在一个土地单元上仅进行一种生产活动的类型，它可分为纯农业、林业、牧业、渔业生态系统。林业系统主要有天然林（如始兴县的车八岭、封开的黑石顶、龙门的南昆山等）、次生林（广州的罗岗、白云山、鹤山的龙口等地）、人工纯林（如怀集的竹林、各地大面积的马尾松林、杉木林、相思林、沿海防护林等）和人工混交林（怀集的竹杉混交林、鹤山的针阔叶混交林）。农业系统主要有遍布各地的玉米地、甘蔗地、番薯地、烟草地、花生地、木薯地等，还有全省各地大力发展的荔枝、龙眼、菠萝、香蕉、柑橘等各种果品（已初具规模的还有信宜市大成镇和紫金县的九树乡的山楂、阳山县和河源市的板栗、南雄县的白果、梅县的沙田柚、丰顺的橄榄、徐闻的椰子、普宁和惠东的青梅、连南的无花果、连山的萘李、连州的梨、潮安的大红柿等）。牧业系统主要有山地养猪场（五华、兴宁等县市）、养鸡场（和平、始兴、新兴、郁南等县）、养牛场（曲江等地）。渔系统主要是山坑鱼塘和河网渔场，具一定规模的有鹤山、梅县、海丰等县市。

复合型农业生态系统是根据因地制宜的原则，以生态学和经济学规律建立的一种具多种群、多层次、多序列、多功能、多效益、低投入、高产出的高效、持续而稳定的复合生态系统。它又可细分为如下系统类型（闻大中，1995）：

林农系统 这一系统在山区应用较多，遍布全省各市县。主要模式有水杉—粮间作型，桉树—粮间作型，马尾松—粮间作型，湿地松、茶—粮间作型，竹—粮间作型，橡胶—粮间作型，银杏—粮间作型，板栗—粮间作型，木豆—粮间作型。

林果系统 主要类型有马尾松—果间作型，桉—果间作型，橡胶—果间作型，茶叶—果间作型。

林药系统 主要类型是在马尾松或荷木等阔叶树下间种药材。

林草系统 主要类型有马尾松—草间作型，马尾松、相思树—草间作型，桉—草间作型，茶—草间作型。

林牧系统 主要类型有马尾松—畜/禽型，桑—畜型。

林渔系统 主要类型有桑—鱼型，荔枝、香蕉—鱼型，竹—鱼型等。全省均有分布，是效益比较好的复合系统。

果农系统 全省均有分布，主要有杏—粮间作型，柑橘—粮间作型，芒果—粮间作型，香蕉—粮间作型，木瓜—粮间作型，柚—粮间作型，荔枝—粮间作型，桃—粮间作型等。

果草系统 主要有杧果—草间作型，板栗—草间作型，柑橘—草间作型等。

果药系统 主要有杧果—药间作型，核桃—药间作型。

林果农系统 主要有马尾松—荔枝—花生（生姜）型，湿地松—荔枝—南瓜型。

林草畜系统 主要是马尾松—草—畜型。

林渔牧系统 这种系统生产力高，经济效益好，在三角洲地区和山区均较多，这种系统一般在山顶种植树，在山坡脚种植果树，坡底开挖鱼塘，塘基种橡草，塘头养猪、鸡、鸭，把种养业结合在一起，实现了生态、经济和谐发展。

林食用菌系统 这种类型比较少。

据统计，全省有以林－果－农－鱼－牧复合系统为基本模式的各种复合农林生态系统500余种，这些复合系统强调了特定区域内的适宜性和生态系统能流和物流的多级利用，生态、经济和社会效益较好（赵运林，1994；李文华，1994）。

4.2 物种多样性

通过建国以来的广东省药用植物调查，广东省海岸带和海岛综合调查，南方山地植物资源调查、东江流域植物调查、南岭山地调查和县级农业资源调查和农业区划等工作（汪植三等，1988；何道泉，1991），已基本摸清了广东省坡地上的植物、水果、作物和畜禽的物种多样性。

广东省山区共有野生维管束植物4 038种（包括变型、变种），分隶于255科1 277属，其中蕨类植物45科104属313种，裸子植物9科19属32种，种子植物201科1 154属3 693种（何道泉等，1991），上述植物中列入国家重点保护的植物有桫椤、降香黄檀、格木、粗榧、楠木、石梓、野荔枝、麻楝、青梅等79种（约占全国重点保护植物的22%），广东特有种约1 500种以上。这些植物以热带种类为主，主要有樟科、壳斗科、金缕梅科、大戟科、桃金娘科、山茶科、木兰科、山矾科、竹亚科、无患子科、楝科、番荔枝科、桑科、梧桐科、蝶形花科和禾本科等科植物。上述植物中有经济利用价值的约1 000多种，其中用材植物有荷木、藜蒴、云南石梓、岭南黄檀、马尾松、湿地松、相思、杉木、青皮竹和粉母竹等158种；油脂植物有海棠果、山苍子、楝木、华山矾、石栗、假苹婆、牛耳枫等160余种；淀粉植物有黄狗头、野山芋、莎草、葛类等数十种；药用植物有广巴戟、首乌、砂仁、草豆蔻、淮山、玉桂等885种，占全国种类的20%以上，是南药的主要产地；纤维植物有鹧鸪草、蒲草、芒草等323种；次生草地中可供开发的高经济价值的牧草种类有粽叶芦、斑茅、甜根子草、类芦、五节芒、大黍、美丽胡枝子、异果山绿豆、野葛、大叶千斤拔等数十种；另有芳香植物84种、橡胶植物

34 种、土农药 62 种、单宁植物 397 种、野果植物 28 种。

广东省坡地上的水果约有 270 多种，作为经济栽培的主要果树品种有 20 多种。柑橘、荔枝、菠萝和香蕉被誉为“岭南四大名果”，其他有龙眼、杨桃、木瓜、杧果、西瓜、番石榴、板栗、白果、木菠萝、杏、橄榄、人面子、大蕉、青梅、三华李、黄皮、枇杷、柑橙、柚、柠檬、沙梨、柿、石榴、仁面等。广东的水果生产具有区域特色，粤北以板栗、青梅、李、梨、柿为主，其次是枇杷、枣、沙田柚、柑橘、年橘、银杏、猕猴桃、杨梅等为主；粤东以沙田柚、柑橘、青梅、龙眼为主，其次是荔枝、李、柿、酸枣、余甘子、枇杷、橄榄、杨梅等；粤西以荔枝、龙眼、芒果为主，其次是枣、菠萝、橄榄、人面子、山楂等；粤中以荔枝、龙眼、三华李、菠萝、橄榄为主。

广东省坡地上栽培的农作物有 40 余种，食用蔬菜有 200 多种。农作物主要有水稻、番薯、花生、大豆、小麦、玉米、高粱、小粟、马铃薯、黄豆、青豆、豌豆、甘蔗、烟草、淮山、生地、姜、木薯、麻类、桑类、茶叶、橡胶、胡椒等。

在广东省坡地上人工饲养的畜禽动物有 10 余种，其中当家种类有猪、牛、鸡、鸭、鹅、羊、兔等。

从全省情况分析，物种多样性与各地的气候相关性比较大，不同地方气候不同，因而会选择不同的作物进行大规模发展。

4.3 遗传多样性

广东省退化坡地上的遗传多样性亦很丰富，涉及了粮食作物、经济作物、果树、蔬菜、牧草、花卉、药材、林木和畜禽等。中国栽培农作物有 600 多种，起源于中国的有 237 种，其中起源于华南的就有 70 种以上。每种作物不仅有各种品种，还有野生种和野生亲缘种（凌伯棠，1994；林举英，1988）。

生态适应性导致遗传多样性。由于各地市县的气候不同，同一种果树品种在不同的气候条件下会产生趋异适应形成不同的品种。以广东柑橘品种为例，柑橘有枳属、金柑属和柑橘属 3 个属，其中汕头有蕉柑、碰柑、雪柑；广州有暗柳甜橙、蕉柑、年橘；惠阳产甜橙、蕉柑、碰柑、雪柑；佛山产新会甜橙、暗柳甜橙、蕉柑、大红柑、年橘；湛江产化州橙；肇庆产新会甜橙、暗柳甜橙、十月桔、沙田柚等；韶关产温州蜜柑；梅县产蕉柑和沙田柚等（甘产生，1982；沈光敏等，1983）。

在遗传多样性方面果树的表现最为突出，往往一个种会有数百个品种，例如，广东的荔枝品种有 300 多种，主要品种有三月红、水东、电白白腊、尚枝、香荔、桂味、甜岩、黑叶、糯米糍、淮枝、妃子笑、雪怀子等，一般品种有七月熟、八宝香、大肉、大造、小汉、广元红、六月雪、风吹寮、无核荔、布袋、白腊、宋家香、丽仔、金钢锤、玫瑰露、青壳、绝淮子、甜眼、秤铊、犀角子、塘尝、进奉、攀谷子、仑头尚书槐荔枝、南头、槐枝、黑叶、蜜糖埕、芝麻荔、挂绿、白糖罂、六月霜、皇冠荔、牡丹、美丽、香丽、三代同堂等。上述主要品种和一般品种除部分分布面积较广外，大部分是有其特定分布区的。根据目前广东水果发展现状看，还可适当发展种有大丁香、小丁香、大塘尝、小金钟、水晶球、白糖罂、龙荔、灵山香荔、细核荔、笑荔、挂绿、将军荔、脆肉荔、娘喜等。此外，广东省目前尚存的优稀单株有惠东县的四季荔、罗岗的红荔和红球、惠来的苏州荔，已灭绝的可能有马口铃、万里碧、中秋荔等。此外，龙眼、香蕉等也有很多品种（邱武陵等，1994；广东省农科院，1978）。

广东省的蔬菜有叶菜类、瓜类、豆类、根茎类60余种2600多个品种，占全国70%以上，其中罗岗菜心、荷塘芥蓝等为特有名种（凌伯棠，1984）。

畜禽类经过长期的选育，形成了许多优良品种，生猪中的桂墟、蓝塘、梅花、大花白等均比较著名，其以早熟、肉质鲜美、繁殖力强等优点取胜。良种牛有雷州半岛的黄牛，其生长快，体型大，拉力强，耐劳苦。澄海狮头鹅以体形大、生长快、饲料利用率高和对环境适应力强。惠阳三黄胡须鸡以肉嫩、皮脆、骨酥、早熟、味鲜质优著称，还有清远乌棕鹅、麻鸭、杏花鸡等（凌伯棠，1994）。

全省的作物品种多样性与各地的气候和经济效益紧密相关。近年来，由于商品经济的发展，各地为追求高的经济价值，大量推广或引进高产高经济价值的品种，导致品种和遗传多样性降低。

5　坡地上进行农业生产对生物多样性资源影响评价

若不采取适当措施，某些地市的三高农业与农业产业化会导致多样性减少。三高农业主要是强调高质、高效、高产，因而许多地方引进了优良品种进行大面积推广，对原有地方品种又未采取有效的保护措施，导致地方品种减少甚至消失。广东省高州市原有龙眼品种30多个，但自1983年以来大力发展优质水果，储良、石硖、双孓3个品种基本取代了其他品种，其中储良品种从一棵母树繁育出3000多万株后代进行种植，虽然许多地方农民依靠它致富，但这个种在部分地方已开始退化，若不能从更多的龙眼品种中选育或杂交出更好的品种，将影响当地水果生产的可持续发展。

绿色食品生产导致多样性。由于进行绿色食品生产是依靠洁净的环境、无公害农药和有机肥，因而其生态系统中各种生物汇聚，形成了食物网，达到了控制病虫害和层层利用的良性循环。例如徐闻县海鸥农场进行无公害茶园生态模式的研究和生产，取得了较好的生态、经济和社会效益。他们在500hm²的茶园周边种上防护林，利用合理密植、甘蔗叶覆盖、控制虫害、不施农药和化肥等措施，生产出了绿色茶叶，提高了经济效益，同时茶园的生物多样性也得以增加。据研究，该茶园有害虫100多种，而天敌达180多种，天敌和害虫种群形成了动态平衡，其多样性指数、均匀度和优势度分别为0.9099、0.9257和0.0918，而广州、阳江和韶关等地方茶园的则分别为0.7、0.7和0.3，可见进行绿色食品生产可提高生物多样性。

农业生物技术对生物多样性的影响具双面性，一方面可利用它进行新品种的选育，另一方面由于新的品种的推广又会对其他品种的种植和生存构成威胁。例如现在广东大面积推广的是通过三个种杂交选育的甜玉米，产生巨大的经济效益，但这个种在有些地方产量和经济效益并不高，但由于该种的推广，当地的主栽品种又受到了冲击。因此如何利用生物技术对生物多样性进行保护还需进行评估并加以合理利用。

不适当的农业生产导致生物多样性减少。由于农民生活所需的燃料、食物等来自坡地，因此坡地被大量、过度的开发，一些物种因而灭绝；另有一些物种因生境的破碎化而灭绝或减少；还有一些乡土种因外来种的入侵而灭绝或减少。例如雷州半岛许多地方种植了桉树，使当地的次生林和乡土树种大量减少，土地出现退化，生物多样性的减少限制了当地林业的可持续发展。

环境监测与保护生物多样性应该统一。进行绿色食品生产需要进行环境监测，但不会对

生物多样性进行任何形式的强制性监测，若可能，建议在检测农产品的绿色食品生产时，可考虑生物多样性的内容，以促进生物多样性保护。结合物种和生态环境的监测，建立保护区和物种人工保存基地、生物资源及生态系统保护区、景观生态自然保护区、森林公园和农业公园。

现有保护技术对生物多样性保护是不够的。虽然广东省在农业生物多样性保护方面做了一些努力，建立了一批自然保护区和种质库，但受保护仅是少量地区和不多的品种，因此生物多样性保护仍需与农业科学院、中国科学院、有关大学和农民进行合作，扩大保护范围与强度。

在农业生态系统中增加一个种类一般可提高经济效益 10%以上。单一的农业生态系统具有较好的经济效益，但复合型的更高。例如高州市水田生产稻谷一年两季产值年均约 80 元/hm^2，净利润约 4 500 元/hm^2，但种植一季稻和一季返季节蔬菜后，产值达 180 元/hm^2，净利润约 60 元/hm^2。又如鹤山市水田种稻间养鱼，可提高经济效益约 20%。其他各种复合农林业生态系统也因增加了多种类，实现了能量和物质的层层利用，因而经济价值相应提高，按照能量的 1/10 定律，其价值至少也可提高 10%以上（林举英，1988）。

现行耕作制度对生物多样性保护有影响。华南地区 50 年代耕作以一熟为主，一熟二熟结合；60 年代二年三熟与一年二熟并存；70 年代为一年二熟和二年三熟；80 年代是一年一熟，一年两熟，一年三熟并存，强调发展间种混作。其发展方向是由一熟向多熟，由单作向间混作、由粗放向集约、由常耕向少耕和免耕，由低产向高产高效发展。如此大规模和全方位的变化使多样性保护受到严重的影响，使多年形成的多样性格局改变，有些种甚至因失去生境而灭绝。

此外，政策、市场经济、产销对生物多样性亦有影响。

6 退化坡地上农业生物多样性的保护及可持续发展

6.1 退化坡地上农业生物多样性的保护与利用

过去的 30 年中，由于过度开发和利用，广东省已有 200 多种植物和 10 多种动物绝种，许多农业品种种质资源减少或退化，缺乏新的品种或恢复材料。

为了达到更高的产量，许多地方往往种植单一的高产品种，随着作物种类数量降低，与之相应的固氮菌、菌根、捕食生物、传粉和种子传播的生物以及一些在传统农业系统中通过几个世纪共同进化的物种消失了，但是，农业上品种的高度一致性对病虫害的爆发和其他灾害的发生缺乏抵御能力（如 1991 年松突园蚧横扫广东的针叶林，损失受害面积达全省面积的 1/3）。此外，林业上为了速生高产，往往毁去物种丰富的林地，种植单一树种，使各类生物失去原有的栖息地，而且外来种的引入有时也会使原有生态系统内的生物灭绝。

农业生物多样性也就是农业生物资源，它们为人们提供了基本的食物。各种家禽、家畜、鱼类为人们提供必要的蛋白质，各种药材为人们提供治疗和保健需要，各种蔬菜、水果、菌类为人们提供各种维生素。随着经济的发展，必须开发新的食品和改良作物、家禽、家畜和鱼类品种。这些作物或禽畜的改良都需要野生种或野生亲缘种与它们杂交，以提高产量、品质和抗逆性。在华南退化坡地上的生物多样性有的已被广泛利用，但更多的生物人们尚不知其利用价值，是潜在的农业生物资源，需要进行保护和开发利用（中国科学院生物多样性委

员会，1994；闻大中，1995)。

对退化坡地的农业生物多样性进行保护和利用，治理必须先行。过去，由于不合理的开发或利用才导致了坡地的退化，因而在退化坡地上开展农业生产经营活动，首先要注意将治理与开发相结合。治理时又要分类治理，利用工程措施（沟头防护工程，沟床工程）和生物措施相结合的方法，重点治理崩岗；面蚀和沟蚀以封山为主，配以人工植草和小工程；封山育林造林绿化治理一般性流失（张经纬等，1994)。此外，由于人们长期过度砍伐天然林，施用杀虫、灭菌剂和除草剂等化学农药，再加上各种化学肥料的大量施用，严重恶化了坡地上的农业生态环境，尤其是土壤环境，在开发时也必须注意土壤环境的治理和保护。

利用坡地生物多样性开展农业生产，要做到生态效益和经济效益相结合，经济效益又要注重长中短相结合。对南方丘陵山地草坡的利用方向有不同的意见，有人认为应以发展畜牧业为主，发展牛羊生产，向草山要肉要奶，改变人们的食物结构；也有人认为草坡是森林破坏后形成的，应遵循自然规律，以林业为主，发展用材林、经济林和各种果树。

6.2 退化坡地上农业生物多样性的保护措施

为了保护坡地上的农业生物多样性，必须在生态系统水平、物种水平和遗传水平3个层次上开展工作。在生态系统水平，主要进行生境的恢复，土地退耕，土地的合理使用；在遗传水平，主要是利用生物技术和杂交繁育新品种。

物种和品种水平包括对地方品种的农家管理和保护，对比较宝贵的种质资源进行异地保护和原地保护。异地保护就是将有关品种异地保存于种质库中，是保护的主要而有效的方法。野外采集尽可能多的居群数量和每一居群中尽可能多的个体，对采集到的材料进行必要的处理（如灭菌、干燥等)，创造一定的贮藏条件，让样本长期和最大限度地保持活力。例如广东省现有国家种质野生稻圃，保存有60 000余份稻种资源，包括4 000多份野生稻。如可能，还可建立广东省农业生物多样性公园，以县为单元，每个单元内将当地的特色作物的所有品种收集、种植在一起。原地保护就是在该种的原生长地设立保护区，让其在原地生长，该种可随自然环境变化产生新的变异，使进化继续，动态保护，例如吴川县有野生的香根草群落，可通过设立相应的自然保护区进行保护。

根据水、土、气、生资源，传统生产习惯和经济效益，发展区域特色的坡地农业模式。在湛江、茂名南部和阳江西南部边缘的热带地区，以防护林和水保林控制水土流失，再在台坡地上发展以橡胶为主，配以剑麻、蔗、大叶茶、荔枝、龙眼、冬季反季节蔬菜的热带农业模式；在粤北中亚热带山地发展以用材林为主，油茶、茶、板栗、白果、香菇、竹、人工牧草业等模式；在西江流域南亚热带山坡地、坡地发展松、桂、竹等经济林，巴戟、砂仁、首乌等南药，以及木茨、青梅、柿等水果；在水土流失严重的东江、韩江中游地区，发展以用材林、薪炭林、柚、单丛茶、人工牧草等以水保为中心的农业模式；在沿海干旱台坡地发展速生丰产林、防护林、柑橙、荔枝、花生和旱粮等模式。

要按照不同植被类型，不同海拔高度，不同坡度以及土壤、水湿条件等，因地制宜，开发利用与整治相结合，制定发展规划。此外，对退化坡地不适宜农业开发的，应封管造相结合，迅速恢复植被，进行环境保护；对于适农荒地，可利用草坡发展果树和畜牧业或建立稳定的农业生态系统。但是，这一切工作必须建立在加强农业生物多样性保护的科学调查和研究的基础上。

参考文献

余作岳，彭少麟（主编）.1997. 热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究. 广州：广东科技出版社

凌伯棠（主编）.1994. 中国农业百科全书广东卷. 北京：中国农业出版社

林举英（主编）. 广东省农业资源要览. 广州：广东人民出版社

任海，彭少麟.1997. 广东省鹤山市退化坡地重建复合农林业生态模式之研究. 资源生态环境网络研究动态，8（3）：10～13

陈荣均.1995. 山坡地农业生态系统模式的研究. 生态科学，（2）：29～37

周武昌，陈海平，郭恩华.1997. 广东坡地农业开发利用研究. 见：伍尚忠（主编）. 现代农业发展的战略与对策. 广州：暨南大学出版社，102～106

张经纬等. 华南坡地研究. 北京：科学出版社

Parham，W. 1993. Improving Degraded Lands：Promising Experience From South China. Bishop Museum Press

中国科学院生物多样性委员会.1994. 生物多样性研究的原理与方法. 北京：中国科学技术出版社，13～35

闻大中.1995. 试论农业生态系统的多样性. 应用生态学报，6（1）：97～103

肖笃宁（主编）.1991. 景观生态学理论方法及应用. 北京：中国林业出版社

广东省统计局.1997. 1997年广东年鉴. 中国统计出版社

赵运林.1994. 林农复合生态系统的原理、特点及其类型. 生态科学，（1）：116～125

李文华，赖世登（主编）.1994. 中国农林复合经营. 北京：科学出版社

汪植三等.1988. 关于广东山区县养殖业的生态规划. 生态科学，（1）：87～95

何道泉（主编）.1991. 广东山区植被. 广州：广东科技出版社

甘产生.1982. 广东柑橘生态地理区划的意见. 生态科学，（1）：66～73

沈光敏等.1983. 柑橘. 北京：中国财政经济出版社

邱武陵等.1984. 中国果树志龙眼枇杷卷. 北京：中国林业出版社

广东农科院.1978. 广东荔枝志. 广州：广东科技出版社

THE AGRICULTURAL BIODIVERSITY OF DEGRADED HILLY LANDS IN GUANGDONG，CHINA

Ren Hai，Peng Shaolin，Xiang Yanci，Tang Xiaoyan

(South China Institute of Botany，the Chinese Academy of Sciences，Guangzhou 510650)

There is 94 572.1km^2 of degraded hilly land in Guangdong Province. More than 500 kinds of agroforestry ecosystems，about 4 038 cultivars of wild vascular plants，270 cultivars of fruit，40 cultivars of crop and 200 cultivars of vegetable are distributed over the hilly lands of Guangdong Province. The diversity of agricultural ecosystems is related to the topography and economic factor，and there is a close correlation between species diversity and climate. Genetic diversity of agriculture organism on the hilly land is complex，and adaptation of ecology results in genetic diversity. The effects on the biodiversity of degraded hilly lands caused by the ex-

ploitation of agriculture represent are as follows: Improper "Three High Agriculture" and agricultural industrilization decrease the diversity, while the production of green food increases the diversity. For increasing economic benefit, certain diversity can be introduced to agriculture ecosystem. Cultivation system, policy, market economy, production and marketing also impact on biodiversity. To conserve and exploit the agricultural biodiversity of degraded hilly land, proper administration, habitat restoration and reasonable utilization of lands are important. The main conservation treatments in the species and variety level should be farm management and conservation of local varieties, and conserving them in different places and original places of comparatively valuable resources.

Key words: Agricultural biodiversity, Degraded hilly land, Guangdong Province

土壤微生物多样性研究现状评述

王仁卿　张明才
（山东大学生命科学学院，济南 250100）

摘要　本文通过回顾土壤微生物研究的历史并进行展望，简要介绍了当前土壤微生物研究领域的一些新概念、新方法，探讨了分子技术手段在土壤微生物研究中的应用，并针对国内外这一领域的相关研究提出未来发展的几种可能趋势。

关键词　土壤微生物　新概念　新方法　趋势

前　言

土壤是各种生物体包括人类赖以生存的物质基础，人们在土壤学方面的工作由来已久，对其物理和化学性质已进行了广泛深入的研究。但是对于土壤中的生物区系特别是土壤微生物的研究却相对落后得多，一是由于人们对于微生物在土壤生态系统中发挥的关键作用缺乏足够的认识；另一方面，也是由于土壤中的微生物太庞大和复杂，而且，研究手段也存在许多问题，难以在短时期内有大的进展。

土壤微生物学的诞生源于人们对于土壤中有机质的分解、土壤氮素的形成、植物矿质元素的来源的研究。瓦克斯曼的总结性著作《土壤微生物原理》的出版标志着土壤微生物正式成为一个独立的学科。对于土壤微生物学的研究开展较晚，比较正式的工作是国际生物学规划（IBP）选择了各种不同类型的生态系统，开展了较为系统的调查研究。当前，我国在土壤微生物学方面研究工作多涉及微生物区系、地域分布等基础性研究（陈华癸等，1981）。土壤微生物在土壤生态系统中的功能作用及其他们之间的相互作用、相互影响等方面的研究尚属薄弱环节。国外已将主要精力集中于不同类群在物质、能量转化以及在土壤形成过程中的作用等方面，特别是氮磷钾等各种无机矿质元素的循环及其微生物在土壤中的活动。由于各种新技术手段的应用，该学科将进入一个崭新的发展时期。

现代农林业、环境保护、自然保护区的建设管理、沼泽盐碱地的改造开发等各方面都脱离不了对土壤及其土壤微生物的研究。特别是当今，在高投入、高产出的农业体系中，大量农药化肥的使用，过于倚重于人为的投入，土壤自身微生物的重要性往往被忽视。在发展可持续农林业的过程中，人们逐渐认识到正像地上宏观生态系统一样，维护土壤生态系统的正常功能和稳定性，是实现可持续发展思想的前提。对于各种极端环境，如不同类型的湿地的土壤微生物多样性的研究也日益受到重视。在这些领域，由于高等大型动植物的缺乏，土壤微生物在维持这些地区的能量物质的循环方面起着不可或缺的作用。要合理保护和开发这些地区，研究上述地区的土壤微生物多样性是十分必要的。

1 有关土壤微生物研究新概念、新技术和新方法

1.1 微生物功能群及生态系统功能

当前对土壤生态系统中与生物多样性有关的生态系统功能的研究大多着眼于功能群，而不从分类上对物种进行鉴定。功能群包括在某生态系统水平上生物地化循环过程中影响作用相同的物种。当不止一种物种在某一生态系统过程中起同种作用时，生态系统中物种在数目上会大于生态系统过程，这种现象被称为功能的多样化。但这并不意味着物种之间可以平等的相互取代，一个物种的灭绝不能完全被其他功能上与之相近的物种替代（Diana Well Freckman *et al.*，1997）。功能群可能是由不同的分类单位的生物体构成的，它们在生活史、生理学、食物选择、采食方式和微小生境等方面的差异是进一步辨别功能群的标准。

微生物在自然生境中的活动是难以鉴别的。与植物的专性光能自养、动物的专性化能异养不同，微生物可有四种代谢类型，分别为化能自养、化能异养、光能自养、光能异养，每种代谢类型都有其代表种类。而且，微生物可以是好氧的，也可以是厌氧的。因此，许多微生物学家认为微生物的活动和代谢类型要比其在分类上的归属更有助于理解它们在生态系统中的功能作用（Zak *et al.*，1994）。因此，生态学在研究生物地化循环过程中，把微生物看作功能群来进行研究将更有意义。

在特定矿质元素的循环中，利用微生物功能群进行研究非常方便。例如氮素循环过程中，参与其中的微生物功能群主要包括固氮细菌、硝化细菌、反硝化细菌、脱氮细菌、氨化细菌等。碳素循环中则包括甲烷营养型细菌、甲基营养型细菌、甲烷微生物等。与硫素循环有关的则包括硫氧化细菌、SO_4^{2-} 还原细菌等（Lijbert Brussard *et al.*，1997）。

1.2 土壤微生物研究的主要领域

由于土壤微生物数量巨大，种类繁多，远远超过人们已经描述的数量，这要求在研究土壤微生物多样性，特别是探讨其在土壤生态系统中的功能作用时，要有针对性，选择恰当的研究领域。现在人们最广泛研究的土壤生境或者称为土壤生物区系的影响圈（sphere of Influence，SOI）包括，如植物根际即有根植物的根区，主要有菌根菌、根瘤菌和其他有益于或者危害植物的微生物组成。

植物根际微生物（Rhizosphere）一直受到有关专家的重视（Rathi，1990）。根际是一个连续体系，其范围从靠近根部的土壤到根的表面一直延伸到根的皮层。在根际范围内，各种生物特别是微生物种类丰富，能量和物质代谢活跃。现在研究较多的有植物促生细菌（PGPR）、有害微生物（DRMO）等。这类研究多用于农业田间管理（Schipper *et al.*，1987）。另外，各种共生体系的研究也多限于植物根际，当前，对于根瘤菌和豆科植物的共生仍然受到大家的重视，而各种真菌（特别是VA真菌）与高等植物的共生体系的研究正成为普遍关注的热点（Rathi and Singh，1990）。

另外，我们所研究的土壤、湿地及各种沉积物生态系统是相互联系的统一体。对于一些特殊的界面如Hyporheic带、土壤与水生生境、陆地与地下水之间的区域，在这些地带，通常聚集着丰富的微生物和其他生物，它们促进并控制营养物质在相邻生态系统间的转移，这些地带被称为迁移控制带（Lijbert Brussard，1996）。迁移控制带中的微生物对于研究生态系统间的相互作用具有十分重要的意义。

1.3 分子技术手段应用于土壤微生物研究

随生化、分子遗传学和分子生物学技术的发展，一些全新的方法应用于土壤微生物研究。这些新的方法对多样性的分析提高到遗传多样性的水平上。有多种行之有效的分子生物学技术（Zhou J. Z. and Tiedje，1995；Holben and Jansson *et al.*，1988）。除了分子杂交、16SrRNA序列分析外，常用的还有如RFLPs、RAPD、REP－PCR、ERIC－PCR等方法。这些分子基因技术能够将那些因为不能被培养而不能用通常方法鉴定的生物种类筛选出来。

利用聚合酶链反应（PCR）扩增16SrRNA的方法最常用到。由于16SrRNA基因比较保守，通过分析能够基本反映土壤微生物的多样性（Ward and Weller，1990）。其方法步骤可简单概括为，采集土壤样品，在液氮中研磨，提取DNA，得到DNA粗提物，利用凝胶电泳加微型过滤柱或其他的方法进行纯化。然后将纯化的DNA作为进行聚合酶链反应的模板，对目标DNA进行扩增放大并经过电泳检测。用限制性内切酶对克隆产物进行消化，电泳分离，应用分析软件对电泳胶片进行分析，将相同的基因型聚合到一起，各不相同的基因型为惟一的基因型，每一个惟一基因型为一个操作分类单位（OTU）。尽管这项技术不须进行特定生物体的描述，但要弄清楚环境中微生物的数量和联系，特别是与已知序列的基因相似性。而且需要一个大的数据库，也不适合数百个样本的分析（Colwell R. R. and D. L. Hawkworth，1991）。

RFLPs即限制性片段长度多态性。最早Grodzicker用在adenoviyuses温度敏感株的突变基因上。其做法一般是通过限制性内切酶识别双链DNA分子中的特定序列，并在特定位点将DNA切开。各种原因造成的DNA的微小改变会造成限制性内切酶识别序列的改变，即消除和产生新的特定酶切位点。另外，大片段的缺失或转移也会造成某些酶切条带的改变。这样对两个个体的DNA分子特定的酶就会在DNA不同的位点切割，DNA分子酶解后，形成不同长度的DNA片段。这些大小不等的片段通过凝胶电泳时会形成不同的带。用分子探针杂交并利用放射性自显影在感光底片上成像，可找出不同带的位置。作为一种遗传标记，RFLPs具有以下优点：可直接研究基因的组成，其变异比形态学变异更稳定，其表现不受环境条件的影响。而且，这项技术反映的是整个基因组的遗传信息，区分能力更强。

RAPD即随机扩大多态性DNA技术。其原理是根据DNA聚合酶链反应技术（PCR），由人工随机合成的DNA分子为引物，以基因组DNA为模板，通过基因放大器进行多态性DNA片段的随机合成。如果某一引物分子与某一片段的模板DNA具有互补的核酸顺序，该引物分子就会结合到单链的模板DNA上去。在具有四种游离脱氧核糖核苷三磷酸的情况下，通过DNA聚合酶连接，DNA链就会从引物3′—OH开始接上与模板DNA分子互补的各种核苷酸，合成一段新的互补DNA链。对整个基因组的DNA分子而言，某一引物可能会与单链DNA的许多地方结合。对扩增产物进行电泳、染色分析，就可直接在紫外光线下看到新合成的DNA分子片段形成的带。这种随机放大的多态性DNA分子就作为分子图谱中的一个位点，将16SrRNA分析与RAPD技术结合起来进行研究效果较好。

2 当前土壤微生物研究的几个趋势

2.1 对土壤生态系统中的动植物微生物进行地上地下的生物综合研究，各类专家进行广泛的合作

与地上宏观生态系统一样，土壤生态系统也是一个庞大的系统，包括种类繁多的动物、植物和微生物，它们相互联系相互影响，共同维持土壤生态系统的正常功能。在各种生态系统过程中，地上与地下的生物之间是紧密联系的。如植物群落类型初步决定了微生物群落的组成，土壤微生物群落多样性与植物群落多样性密切相关，另外有机质的腐烂与地下各种生物功能群的作用密不可分，有机物破碎者将它们切碎并混合，生物扰动者进一步将各种有机物颗粒与微生物混合并重新分配，微生物则主要分解还原各种营养物质返还给土壤被植物重新利用。一类生物的数量变动将影响到其他生物的数量和功能的发挥。特别是现在全球变化、环境污染等因素影响了各种营养元素的生物地化循环，土壤微生物的种类数量和功能作用也随之发生了相关性的变化。这些情况都要求生态学家、分类学家、土壤学家等各类专家共同合作，进行多学科、全方位、多层次的综合研究。

2.2 不同地域之间研究的综合，进行国际合作、建立和扩展数据库

在土壤生态系统的研究尺度上，以前的研究主要限于一个狭小的地域，当前，在全球的生物多样性研究中，有必要进行国际性的不同地域间的对比实验，以对生物多样性及其功能进行全球尺度上的综合。这需要各国科学家之间的合作，而且，应将研究结果及时输入数据库，以利于成果的共享和进行地域间的比较和综合。

2.3 不同类型生态系统之间的比较

最初，土壤微生物的研究源自农业生产的实践。但是，现在土壤微生物的研究领域大为扩展，延伸到许多以前不为大家所熟知的领域，如各种极端环境、寒冷的南极、盐碱地、深海沉积物等（Colwell，1997）。对于这些特殊的区域，当然有它的特殊性和丰富的微生物多样性，但是也有其共通性和可参考的意义。

2.4 由传统方法到分子技术，由宏观研究到微观研究的发展

传统微生物分类方法，如表型特征、显微镜观察、平板接种培养等仍然发挥着重要作用。但是能够被分离培养的微生物种类仅占整个已知微生物世界的不到1%，这种方法是有局限性的（Boivin－Jahns and Bianchi，*et al.*，1995；Torsvik and Goksoyr *et al.*，1990）。利用各种分子生物学手段、特殊探针和特定序列鉴定微生物种类是这一领域深入发展的前提和基础（David M. Ward，Roland Weller *et al.*，1990）。与传统方法相比，它们可以揭示更多的从未检测到的微生物的多样性并为理解自然状况下土壤微生物的组成和功能提供更加客观可靠的依据。如有人利用DNA探针探测土壤中的特定微生物Bradyrhizobium japonicum，其灵敏性非常高。在每克干重土壤中细胞少到4.3×10^4时仍可探测到，相当于在1ugDNA中只有大约0.2pg可杂交的DNA（William E. Holben *et al.*，1988）。

2.5 微生物多样性研究继续深入，不断发现新的微生物类群

应用各种新技术手段，不断检测到以前常规方法所不能检测到的新的微生物种类。通过对16SrRNA基因序列的分析研究土壤微生物的多样性，已经发现了许多新的原核和真核微生物类群。对于土壤中的原生物（Archaea）的研究也越来越受到重视（Watanabe，1994）。如对北方泰加林土壤微生物进行基因序列的系统分析后，发现了许多属于原生物域（Doman Archaea）的新的微生物种类（Jurgens and Lindstrom *et al.*，1997）。

参考文献

夏北成．1998．植被对土壤微生物群落结构的影响．应用生态学报，9（3）：296～300

陈华癸，陈文新等．1981. 土壤微生物学．上海科学出版社

刘润进等．1995. 野生植物菌根菌的初步调查. 莱阳农学院学报，12（2）：125～128

Lijbert，Brussaard. 1997. 土壤中的生物多样性与生态系统功能．Ambio，26（8）：555～562

Angert E. R.，K. D. Clements and N. R. Pace. 1993. The largest bacterium. Nature，362：239～241

Bakken，L. R. 1985. Separation and purification of bacteria from soil. Appl. Environ. Microbiol.，49：1482～1487

Borneman，J.，P. W. Skroch，K. M. O'Sullivan，J. A. Palus，N. G. Rumjanek，J. L. J. Nienhuis，and E. W. Triplett. 1996. Molecular microbial diversity of an agricultural soil in Wisconsin. Appl. Environ. Microbiol.，62：1935～1943

David M. Ward，Roland Weller，and Mary M. Bateson. 1990. 16S rRNA sequences reveal numerous uncultured microorganisms in a natural community. Nature，345：63～65

Erwin，T. L. 1991. An evolutionary basis for conservation strategies. Science，253：750～752

Jurgens G.，K. Lindstrom，A. Saano. 1997. Novel group within the kingdom Crenarchaeotq from boreal forest soil. Applied and Environmental Microbiology，63（2）：803～805

Giovannoni，S. J.，T. B. Britschgi，C. I. Mover and K. G. Field. 1990. Genetic diversity in Sargasso Sea bacterioplankton. Nature，345：60～63

Borneman. J.，E. W. Triplett. 1997. Molecular microbial diversity in soils from eastern Amazonia：Evidence for unusual microorganisms and microbial population shifts associated with deforestation. Appl. Environ. Microbiol.，63（7）：2647～2653

Naeem，S.，L. J. Thompson，S. P. Lawler，J. H. Lawton，R. M. and Woodfin，1994. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. Nature，368：734～737

Rawlings，D. E. and S. Silver. 1995. Mining with microbes. Bio/Technoiogy，13：773～778

Roert，J. S.，J. Goksory，A. K. Bej，and R. M. Atlas，1988. Recovery of DNA from soil and sediments. Appl. Environ. Microbiol.，54：2908～2915

Colwell R. R. 1997. Microbial diversity：the importance of exploration and conservation. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology，18：302～307

Soule ME. 1991. Conservation：tactics for a constant crisis. Science，253：744～750

Torsvik，Y.，J. Goksoyr，and F. L. Daae. 1990. High diversity in DNA of soil bacteria. Appl. Environ. Microbiol.，56：782～787

Tsuji，T.，Y. Kawasaki，S. Takeshima，T. Sekiya，and S. Tanaka. 1995. A new fluorescence staining assay for visualizing living microorganisms in soils. Appl. Environ. Microbiol.，61：3415～3421

Volossiouk，T.，I. J. Robb，and R. N. Nazar. 1995. Direct DNA extraction for PCR～mediated assays of soil organisms. Appl. Environ. Microbiol.，61：3972～3976

Ward，D. M.，R. Weller，and M. M. Bateson. 1990. 16SrDNA sequences reveal numerous uncultured microorganisms in a natural community. Nature，345：63～65

William，E. H.，J. K. Jansson，B. K. Chelm *et al*. 1988. DNA probe method for the detection of specific microorganisms in the soils bacterial community. Appl. Environ. Microbiol.，54：703～711

Zak Jc，MR Willig，DJ Moorherd and HG Wildman. 1994. Functional diversity of microbial communities. Soil. Biol. Biochem.，26：1101～1108

Zhou，J.，A. M. Bruns and J. M. Tiedje. 1996. DNA recovery from soils of diverse composition. Appl. Environ. Microbiol.，62：316～322

Zhou Jizhong，M. A. Bruns，and J. M. Tiedge. 1996. DNA recovery from soil of diverse composition. Appl. Environ. Microbiol.，62：316～322

Colwell RR and DL Hawkworth. 1991. International union of biological sciences, international Union of microbiological societies, microbial diversity 21, action statement. Physiological News, 27 (3): 8～9

Rathi, S. R., Lokendra, singh, L. Singh. 1990. Preliminary survey of mycorrhizal fungi in some weeds and cultivated plants in Meerut Current Trends in Mycorrhizal Research. Proceedings of National Conference on mycorrhiza, held at Haryana Agricultural University, Hisar, Indin Feb. 14～16: 31～32

INTRODUCTION OF CURRENT RESEARCH OF SOIL MICROBIOLOGY DIVERSITY

Wang Renqing, Zhang Mingcai
(Life Academy of Shandong University, Jinan 250100)

Through reviewing the history and prospecting the future of soil microbiology, some new conception and new methods at present are briefly introduced in this paper, specially on the application of molecule technique in this area. Based on the related research at home and abroad, some possible trends are discussed.

Key words: Soil microbiology, New conception, New method, Trends

热带雨林片断化对榕树和榕小蜂群落多样性的影响*

杨大荣 李朝达 韩灯保 姚瑞英 王瑞武

（中国科学院昆明动物研究所，昆明 650223）

摘要 本文对西双版纳热带雨林片断化对榕树和榕小蜂群落多样性的影响进行了研究，样点内共采集和观察榕树 16 种，123 株；榕小蜂 18 种，20 728 号。研究表明热带雨林片断化使榕小蜂和榕树的种类呈明显下降趋势；常见种的种群数量增多，优势种和特有种的种数量减少，片断热带雨林面积的大小对二者的物种数和个体数有明显的影响。要保护和发展榕树及传粉昆虫榕小蜂，首要任务是保护和恢复以森林为主的热带雨林生态系统。

关键词 西双版纳 片断热带雨林 榕小蜂 榕树 多样性

西双版纳是我国热带雨林面积最大的地区，榕树是西双版纳热带雨林生态系统中一类关键物种，目前已记载有 42 种和 17 个变种（吴征镒，1995）。由于榕树所有种类都是内生花（隐头花）不能靠风雨传播授粉，大部分动物也是榕果成熟以后才取食榕树果实，所以榕树必须依靠昆虫传花授粉才能得以繁衍后代。在榕树的传粉昆虫中，榕小蜂 Agaonidae 是最关键的类群，因为榕小蜂卵、幼虫和蛹必须寄生于榕树果内的瘿花之中，靠瘿花为食，生长和发育；当榕小蜂羽化，雌雄蜂在果内交配后，雌蜂在果内爬动，全身粘附满花粉，然后在果壁咬开一个出蜂口，飞出寻找榕树刚结的小青果产卵，同时也给小榕果传了花粉。经过长期的进化，榕树无榕小蜂传花授粉就不能繁殖后代，而榕小蜂若没有榕果内的瘿花提供生存场所和食物，就不能生存，二者间已经形成了缺一不可的紧密协同关系。

由于西双版纳地区农垦系统大量种植热带经济作物和外来人口的不断迁来垦荒，以及本地民族的刀耕火种，整片的热带原始雨林遭到严重砍伐和破坏，剩下的热带雨林形成了一个一个孤岛式的片断状，特别是榕树群落大多靠向沟河边和路边，被破坏的程度更严重，严重地影响了动植物物种的传播、迁移和繁殖。

本文对片断热带雨林内的榕树和榕小蜂的物种结构和演化趋势进行了研究，现把结果报道如下：

---

* 中国科学院重大项目 KZ951－A1－104 和云南省应用基础基金资助项目。

1 调查地点和方法

1.1 样地

根据榕树种群丰富度、地理位置、面积、人为干扰程度、代表性、观察的难易等方面因素选择样地，共设4块研究样地。

Ⅰ号片断雨林样地 植物园迁地保护区：位于热带植物园东面，与其他3个样地距离为4～15km；海拔580m，面积90hm²；片断雨林一面靠罗梭江；一面与植物园橡胶和果园相连；另一面与勐仑石灰山自然保护区靠近。60年代前是连片的热带原始雨林，后被砍伐为片断状，80年代后成为濒危植物迁地保护区，样地内有人工珍稀树种及部分原始残林和生长好的次生林，覆盖度为90%，人畜干扰较少。

Ⅱ号片断雨林样地 城子龙山林：位于勐仑镇城子村后山顶，与其他3个样地距离为1.5～10km；海拔600m，面积4hm²，70年代曾是勐仑自然保护区的一部分；片断热带雨林一边为铁刀木林和橡胶园，另一边是次生林地，由于是傣族的“神山”，样地内原始雨林保存较好，覆盖度为85%，人为干扰较少。

Ⅲ号片断雨林样地 勐仑自然保护区：位于景洪县小勐养至勐腊县勐仑公路50～56km处，与其他3个样地距离为10～12km；海拔680 m，面积86 000 hm²，属于1958年建立的勐仑自然保护区主体，事实上多年来已形成了一个较大面积的热带片断雨林，样地内热带雨林林相保护完整，覆盖度为90%～95%，人为干扰少。

Ⅳ号片断林地样地 植物园罗梭江岸边片断林：位于西双版纳植物园西面，与其他3个样地距离为1～10km；海拔570 m，面积3.5 hm²，一边为罗梭江，另三面于植物园种植的柚子园、竹林和次生林相连，为砍伐残存的热带原始林和次生林地，植被覆盖度为75%，人为干扰逐年严重。

1.2 研究方法

1.2.1 取样时间 每年取样6次，双月中旬进行不少于10天的连续在样地内进行生态学观察与标本采集。

1.2.2 取样数目 在每个不同片断热带雨林内榕树相对集中的地块，量出100×100m的面积作为观察和研究样地，对样地内的榕树记数和编号。对每种榕树摘取5类不同生长期的榕果，刚结的小嫩果、未成熟的大青果、树上挂的成熟果、刚落地的成熟果、落地的烂果。各类型取样50个果实为一取样单位；少数大型榕果结实较少（如苹果榕、大果榕）以10个为一取样单位。

1.2.3 取虫方法 把榕果带回室内，在密封箱中，用刀把榕果剖开成两半，剖口向下，置于铁网漏斗中，用Tullgren装置烘烤48h，把果内榕小蜂分离出，进行分检、记数和鉴定。

每批样品选取5个果实，手工剖开，在解剖镜或放大镜下观察花的结构和小蜂活动情况；取出瘿花子房中的卵、幼虫、蛹和成虫，在镜中观察其形态及在果内活动情况。

1.2.4 数据分析方法

(1) 采用Shannon－Wiener多样性指数公式：

$$H' = -\Sigma Pi \ln Pi$$

式中：H' = 多样性指数；Pi = 第i种的个体比例。

(2) 采用 Pielon (1966) 均匀性公式：

$e = H' / \ln S$

式中：e = 均匀度,；S = 种类数。

(3) 采用 Berger－ Parker 优势度指数公式：

$d = N\max / Nt$

式中：$N\max$ = 优势种的种群数；Nt = 全部物种的种群数量。来计算和分析片断热带雨林的榕树和榕小蜂的群落结构水平指标。

2 结果与讨论

2.1 榕树群落组成与分布

在四个样地中，进行了 5 年的采集与观察研究。不同样地的榕树群落组成、分布和数量见表 1。

表 1 四个样地内榕树种类及分布数量

序号	榕树种类	榕树株数			
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
1	大果榕 *Ficus auriculata*	1	0	5	0
2	聚果榕 *F. racemoosa* var. *racemosa*	0	0	1	4
3	柔毛聚果榕 *F. racemosa* var. *miquelii*	0	0	2	3
4	苹果榕 *F. oligodon*	2	0	4	0
5	鸡嗉果榕 *F. semicordata*	2	4	11	5
6	黄葛树 *F. virens* var. *sublanceolata*	4	0	3	0
7	笔管榕 *F. superba* var. *japonica*	6	4	6	1
8	对叶榕 *F. hispida*	2	1	2	3
9	水同木 *F. fistulosa*	2	2	4	2
10	歪叶榕 *F. cyrtophlla*	1	1	5	3
11	九丁榕 *F. nervosa*	1	0	4	0
12	变叶榕 *F. variolosa*	1	0	3	1
13	粗叶榕 *F. hirta* var. *hirta*	2	0	4	0
14	青果榕 *F. variegata* var. *chorocarpa*	0	0	2	0
15	突脉榕 *F. vasculosa*	1	1	1	0
16	细叶榕 *F. microcarpa*	2	1	2	1

从表 1 可看出：4 个样地内可采到果实观察的榕树种类有 16 个种。各样地榕树种类分别是：植物园迁地保护区 13 种，占总数 81.3%；城子龙山 7 种，占总数 43.8%；勐仑自然保护区 16 种，占总数 100%；植物园片断林地 9 种，占总数 56.3%。从样地取样可看出以下几个规律和特点：①林地面积越大的样地内榕树物种越丰富；②林地靠向河、沟箐边多的样地榕树物种丰富；如：植物园片断林地的林相虽然比城子差，而且面积也比城子龙山小，人为干扰又大，但是，该样地在罗梭江边，湿度高，土壤肥沃更利于榕树的繁殖与生长，榕树物

种和数量也就高。

2.2 榕小蜂群落组成

在 16 种榕树中，共采集榕小蜂科 Agaonidae 标本 20 728 号，共计 18 个种，隶属无花果小蜂属 *Blastopha* 有 9 种，占总数的 50.0%；属于栉颚榕小蜂属 *Ceratosolen* 有 8 种，占总数的 44.4%；属于长体榕小蜂属 *Dolichoris* 有 1 种，占总数的 5.6%（表 2）。

表 2 带片断雨林内榕小蜂物种结构

序号	属 和 种	寄 主 树	每榕果平均有虫数（头）*
无花果小蜂属	*Blastopha*		
1. 冠缝榕小蜂	*B. coronata*	黄葛树 *F. virens* var. *sublanceolata*	0.25
2 铁色榕小蜂	*B. ishiiana*	笔管榕 *F. superba* var. *japonica*	0.46
3 爪哇榕小蜂	*B. javana*	粗叶榕 *F. hirta* var. *hirta*	0.75
4 银纹榕小蜂	*B. silvestriana*	变叶榕 *F. variolosa*	1.86
5 九丁榕小蜂	*B. nervosae*	九丁榕 *F. nervosa*	3.82
6 毛轮榕小蜂	*B. verticillata*	细叶榕 *F. microcarpa*	0.55
7 绿林榕小蜂	*B. greenwoodi*	歪叶榕 *F. cyrtophlla*	0.87
8 苹果榕小蜂	*B. psenes*	苹果榕 *F. oligodon*	168
9 大果榕小蜂	*Blastopha* sp.	大果榕 *Ficus auriculata*	189
栉颚榕小蜂属	*Ceratosolen*		
10 水同木榕小蜂	*C. hewitti*	水同木 *F. fistulosa*	42
11 狭缩榕小蜂	*C. constrictus*	水同木 *F. fistulosa*	42
12 对叶榕小蜂	*C. solmsimarchali*	对叶榕 *F. hispida*	98.5
13 双斑榕小蜂	*Ceratosolen* sp.	对叶榕 *F. hispida*	8.5
14 附器榕小蜂	*C. appendiculatus*	青果榕 *F. variegata* var. *chorocarpa*	49
15 聚果榕小蜂	*Ceratosolen* sp.	柔毛聚果榕 *F. racemosa* var. *miquelii*	103
16 聚果榕小蜂	*Ceratosolen* spp.	聚果榕 *F. racemoosa* var. *racemosa*	146
17 鸡嗉果榕小蜂	*Ceratosolen* sp.	鸡嗉果榕 *F. semicordata*	17
长体榕小蜂属	*Dolichoris*		
18 突脉榕小蜂	*D. vasculosae*	突脉榕 *F. vasculosa*	0.52

* 榕果平均有蜂数，以 100 个榕果的蜂平均数计算。

从表 2 可看出：除了对叶榕和水同木（是否是不同种的榕树，有待深入研究）两种榕树果实上发现有 2 种榕小蜂外，其他种类的榕果内仅发现一种榕小蜂，说明榕小蜂是一类选择寄主比较专一的传粉昆虫。

2.3 榕小蜂在不同样地的生态分布

在西双版纳片断热带雨林中，榕小蜂的种和个体数量上出现了较明显的差异（表 3）。

表 3　4 个样地内榕小蜂种类组成和个体数量比较

	Ⅰ号样地		Ⅱ号样地		Ⅲ号样地		Ⅳ号样地	
	个体数	%	个体数	%	个体数	%	个体数	%
冠缝榕小蜂	206	5.411	0	0	68	0.009	0	0
铁色榕小蜂	461	12.097	108	16.290	560	7.230	275	3.232
爪哇榕小蜂	6	0.002	0	0	12	0.002	0	0
银纹榕小蜂	29	0.008	0	0	47	0.006	0	0
九丁榕小蜂	4	0.001	0	0	16	0.002	0	0
柔毛聚果榕小蜂	0	0	0	0	1685	21.753	2210	25.976
毛轮榕小蜂	19	0.005	11	1.659	22	0.003	5	0.001
绿林榕小蜂	78	2.047	14	2.112	65	0.008	19	0.002
苹果榕小蜂	1106	29.021	0	0	1021	13.181	0	0
大果榕小蜂	1201	31.514	0	0	1798	23.212	0	0
水同木榕小蜂	7	0.002	5	0.008	24	0.003	7	0.001
狭缩榕小蜂	5	0.001	2	0.003	15	0.002	4	0.001
对叶榕小蜂	524	13.750	190	28.658	688	8.882	3065	36.025
双斑榕小蜂	90	2.362	14	2.112	192	2.479	138	1.622
附器榕小蜂	0	0	0	0	21	0.003	0	0
聚果榕小蜂	0	0	0	0	693	8.947	2680	31.500
鸡嗉果榕小蜂	59	1.548	314	47.360	805	10.392	105	1.234
突脉榕小蜂	16	0.004	5	0.008	14	0.002	0	0
合计数	3811		663		7746		8508	

从表 3 中看出，物种的丰富度上：勐仑自然保护区＞植物园迁地保护区＞植物园林地＞城子龙山；个体数量丰富度上：植物园林地＞勐仑自然保护区＞植物园迁地保护区＞城子龙山。该结果说明了：片断热带雨林样地面积的大小、榕树种类的多寡、光照的强弱、土质的富贫、温湿度的高低等生境的差异，都明显地影响着榕小蜂的种类和个体数量。热带雨林保护较好、片断面积大或者靠河边湿度高、土壤肥沃的样地，物种数和个体数都较高，反之则差。

2.4　榕小蜂优势种群的分析

依据在动物（昆虫）群落中，把物种个体数量最多、生物量最大，在能流和物流中贡献最大……的种群看作优势种群的定义（孙儒泳，1992），对西双版纳片断热带雨林调查样地内的榕小蜂进行分析得出，Ⅰ号样地适合以上定义的优势种有：铁色榕小蜂、苹果榕小蜂、大果榕小蜂和对叶榕小蜂 4 种；Ⅱ号样地优势种有：铁色榕小蜂、对叶榕小蜂对叶榕小蜂和鸡嗉果榕小蜂 3 种；Ⅲ号样地优势种有：柔毛聚果榕小蜂、苹果榕小蜂、大果榕小蜂和鸡嗉果榕小蜂 4 种；Ⅳ号样地优势种有：柔毛聚果榕小蜂、对叶榕小蜂和鸡嗉果榕小蜂 3 种。把各样地常见到，数量比优势种少的看做常见种群；数量稀少，分布范围小的看做稀有种群。

2.5　榕树和榕小蜂群落多样性、均匀性和优势度的变化

4 个片断热带雨林样地的榕树和榕小蜂，用多样性指数等指标定量比较群落结构特征，结

果见表4。

表4 不同样地内榕树和榕小蜂群落结构的几项重要测定指标

样地	榕树和小蜂	物种数（S）	个体数（N）	多样性指数（H'）	均匀度指数（e）	优势度指数（c）
Ⅰ	榕树	13	27	2.3832	0.9292	0.6154
	榕小蜂	15	3811	1.7729	0.6547	0.2667
Ⅱ	榕树	7	14	1.6475	0.8467	0.4286
	榕小蜂	9	663	1.3320	0.6062	0.3333
Ⅲ	榕树	16	59	2.4586	0.8868	0.1250
	榕小蜂	18	7746	2.4269	0.8396	0.2222
Ⅳ	榕树	9	23	1.9290	0.8779	0.5555
	榕小蜂	10	8508	1.4091	0.6119	0.3000

从表4看出，4个样地榕树和榕小蜂的群落多样性指数、均匀度指数显示：Ⅲ号样地＞Ⅰ号样地＞Ⅳ号样地＞Ⅱ号样地，即热带雨林自然保护区内的种类丰富度、群落多样性指数、均匀度指数明显高于其他3个片断面积较小的样地，表明了由于保护区内林地面积大、榕树植物群落与空间结构复杂多样，人类活动的干扰、破坏少，整个生态系统稳定，利于榕树和榕小蜂的物种保存与繁衍；迁地保护区近年来生态环境保护较好，又处于沟谷小溪两岸，所以榕树和榕小蜂的物种也较丰富；植物园内江边片断林，由于地处罗梭江边，湿度高，土壤肥沃，利于榕树生长，所以榕树和榕小蜂的物种以及多样性指数等指标都高过位于山顶的城子龙山林样地。Ⅲ号样地的优势度指数明显低于其他3个样地，说明保护区内以植物为主的生态系统保护较好，榕小蜂物种多，但种群与种群间的个体数量相对平衡，差异不明显，无特别显著的优势种群，所以优势度低于其他样地。

从4个样地的榕树和榕小蜂的群落结构特点来看，西双版纳片断热带雨林面积大、人为干扰和破坏少的林地内群落结构稳定，物种相对平衡。而片断面积小、人为干扰程度大的林地，榕树和榕小蜂的一部分物种和种群则逐步萎缩，直至消亡，而另一部分适应能力强的榕树和榕小蜂，很快适应了破坏后的生境，成了优势种群。从而证明了：热带雨林面积的大小、片断化程度的长短，明显地影响着榕树和榕小蜂群落、物种和数量的分布和生长。要保护、发展好热带雨林的关键物种之一的榕树群落和传粉昆虫榕小蜂，首要任务是保护和恢复以森林为主导地位的热带雨林生态系统。

参考文献

马炜梁，吴翔.1989. 薜荔榕小蜂（*Blastophaga pumilae* Hill）与薜荔（*Ficus pumila* L.）共生关系. 生态学报，9（1）：9～14

孙儒泳.1992. 动物生态学原理. 北京：北京师范大学出版社，330

吴征镒.1995. 云南植物志（第六卷）. 北京：科学出版社，595～671

杨大荣等.1997. 西双版纳热带雨林中榕树动物群落结构与多样性研究. 动物学研究，18（2）：189～196

杨大荣等.1999. 热带雨林片断化对榕小蜂和榕树物种的影响. 动物学研究，19（2）：126～130

Hill，D. S. 1971. Wasps and figs. New Scientist and Sci. J.，15 April 144～146

Patel，A.，Marie－Charlotte *et al*. 1995. Pollinators entering female dioecious figs：Why commit suicide?

Journal of Evolutionary Biotogy, 8 (3): 301～311

Ramirez, W. B. 1991. Evolution of the mandibular appendage in fig wasp (Hymenoptera: Agaonidae). Rev. Biol. Trop., 39 (1): 87～95

THE EFFECTS OF FRAGMENTING OF TROPICAL RAINFOREST ON THE COMMUNITY DIVERSITIES OF FIG TREES AND FIG WASPS IN CHINA

Yang Darong, Li Chaoda, Han Dengbao, Yao Ruiying, Wang Ruiwu

(Kunming Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223)

Fragmentation of tropical rainforest has affected on the community diversity of fig and fig wasp. This study collected and observed 123 fig trees which consist of 18 species , and 20 728 fig wasps which consist of 18 species in Xishuangbanna. The result indicates that the fragmentation of tropical rainforest is attributable to the diminish of species numbers of figs and fig wasps, increasing of common species population, and population reduction of dominant species and species—specific figs and fig wasps. Fragmented area of tropical rainforest has significant effect on species number and individual number of both fig and fig wasp. This paper suggests that basic work of conversing and developing figs and fig wasps is to converse and revive the tropical rainforest ecosystem .

Key words: Xishuangbanna, Fragmentary tropical rainforest, Fig wasp, Fig tree, Diversity

西双版纳热带森林雨季土壤动物群落组成特征及多样性研究*

杨效东　佘宇平　曹　敏

（中国科学院西双版纳热带植物园森林生态室，昆明 650223）

摘要　对西双版纳不同类型热带森林雨季土壤动物群落组成特征及多样性分析表明：蜱螨目是 4 类森林土壤动物群落的主要优势类群，弹尾目、膜翅目和等翅目为次优势类群。而营养类群的构成均表现为植食性＞腐食性＞肉食性的特点，其中处于演替中期的次生林中植食性和腐食性土壤动物数量相对增加，土壤动物群落类群组成、数量分布及多样性变化以 2 类正处于向顶极群落演替的次生林为最高，而顶极群落—季节雨林，有明显降低，说明土壤动物的多寡与森林小循环速度密切相关。相似性结果显示，次生林与半人工次生林最好。

关键词　热带森林　土壤动物群落　组成特征　多样性

土壤是一切陆生生命的载体，是一类具有生命活性的特殊生态系统，其中 95％以上的昆虫（成虫、幼虫）生活在土壤中，它们对森林土壤的发生发展、凋落物的腐解、营养元素循环（Anderson，1988；James，1996）、微生物的群落组成和活动（Reichle，1977；Teuben，1991）、生态系统食物网的组成、土壤环境及土壤肥力的变化具有极其重要的作用（Booth，1985；伊文英，1993）。关于森林土壤动物的研究已有不少报道，但主要集中于亚热带、温带和寒带（王振中，1989；廖崇惠，1997；陈鹏，1984），对位于热带北缘的西双版纳热带森林土壤动物的研究报道不多（邓晓保，1994；杨效东，1997；李朝达，1997）。本文作为森林生态系统的部分研究内容，报道西双版纳 4 种不同类型热带森林雨季土壤动物群落的组成特征及多样性状况，为保护、恢复和重建热带森林积累有关数据，并对森林生态网络研究具有重要参考价值。

1　研究方法

1.1　研究地点及森林类型

研究地点在西双版纳州勐腊县勐仑镇的中科院西双版纳热带植物园生态站及其临近的自然保护区中心，经过实地调查，分别选取了当地较有代表性的原生林、次生林和人工林植被类型作为研究样地。人工林是以橡胶（*Hevea brasiliensis*）为优势的多层次人工群落林，为西双版纳热带植物园生态站的一种试验模式，群落结构简单；2 种次生林均为季节雨林被砍伐、火

* 中国科学院“九五”重大项目（KZ951－A1－104－02）和云南省自然科学基金（1999C0021Q）资助项目。

烧或短期耕作后在自然状况下发育起来的次生植被，处于不同演替阶段，其中白背桐半人工次生林在其演替过程中，为进行人为控制试验及优势种利用，在林地内人为引入一些雨林成分树种，如大叶藤黄（*Garcinia xanthochyus*）、催吐萝芙木（*Rauvolfia vomitoria*）、滇南风吹楠（*Garcinia xanthochymus*）以及杧果（*Mangifera indica*）等，但森林的外貌及结构基本未变。崖豆藤次生林已处于次生演替中期，结构上与季节雨林已有许多相似之处。原生林选取当地原生植被的代表类型之一即番龙眼（*Ppometia tomentosa*）、千果榄仁（*Terminalia myricocarpa*）为优势物种的典型的热带季节雨林（Zhang *et al.*，1995）。

表 1　各类森林基本情况

森林类型	海拔（m）	群落高度（m）	林龄（a）	主要植物
橡胶群落林	600	20	30	橡胶（*Hevea brasiliensis*）、催吐萝芙木（*Rauvolfia vomitoria*）、木奶果（*Baccaurea ramiflora*）、千年箭（*Homalomena occulta*）等
白背桐次生林	600	12	27	白背桐（*Mallotus paniculatus*）、云南石梓（*Gmenlina arbore*）、绒毛紫薇（*Lagestroemia tomentosa*）等
崖豆藤次生林	600	12	28	崖豆藤（*Millettia laptobotrya*），蒲桃（*Syzygium* sp.）、印拷（*Castanopsis indica*）等
季节雨林	750	40	>150	番龙眼（*Ppometia tomentosa*）、千果榄仁（*Terminalia myricocarpa*）、毗黎勒（*Terminalia bellirica*）、毛麻楝（*Chukrasia tabularis*）等

1.2　时间和方法

时间：雨季（5 月～11 月）是西双版纳热带地区气候组成的重要时期，集中了全年 80%～90%的降水量，雨日达 168～216d，且气温较高（>23℃），同时在干季形成的森林凋落物，在雨季开始快速分解形成有机质和生命元素以供植物生长利用。丰沛的雨量、丰富的养分和高温高湿既为植物的生长提供了有利条件，也对土壤动物群落的组成、结构及发展产生较大的影响作用，进而影响到森林物质循环和能量转换。为了解雨季期不同林地土壤动物群落的结构特征，调查工作于 1997 年 7～9 月进行。

方法：在上述林地，按 15m×15m 各划出一取样地块，每个取样地块按对角线法设置 5 个取样点，每个样点分 3 个土壤层（A 层：0～5cm；B 层：5～10cm；C 层：10～15cm）分别取样。每个样点（0～15cm）土壤层取样面积为 78.5cm^2。所取土样用干漏斗（Tullgren 法）分离提取干生土壤动物，（限于条件，湿生土壤动物未做）。标本取回后进行分类整理和数据统计。由于土壤动物分类难度较大，本文仍根据土壤动物高级分类群进行群落组成及多样性分析（青木淳一，1973；尹文英，1992）。

数据统计用 PC 机处理。土壤动物群落结构指标的测定，统一采用 Shannon－Wiener 多样性指数公式：$H'=-\sum P_i \ln P_i$；Pielou 均匀性指数公式：$j=H'/\ln s$；Simpson 优势度指数公式：$C=\sum (n_i/N)^2$；Jaccard 相似性指数公式：$q=C/a+b-c$ 进行计算（马克平，1994）。

2　研究结果与分析

2.1　土壤动物群落类群和个体数组成

4 块样地，雨季共采集土样 60 个，取土面积 0.157m²，获得各类土壤动物 1 434 头，分属 24 目。结果详见表 2。

群落的组成及优势成分是土壤动物群落的重要特征之一，土壤动物群落类群和数量的组成与环境因素有极为密切的关系（尹文英，1992）。表 2 显示出雨季期，西双版纳 4 类热带森林土壤动物群落类群组成和各类群数量构成的百分比情况。

表 2　雨季西双版纳 4 类热带森林土壤动物类群和数量组成

森林类型	橡胶群落林			白背桐林			崖豆藤林			季节雨林		
	个体数量 IN	占本样地总数（%） IP	多度 AD	个体数量 IN	占本样地总数（%） IP	多度 AD	个体数量 IN	占本样地总数（%） IP	多度 AD	个体数量 IN	占本样地总数（%） IP	多度 AD
蜱螨目 Acarina	79	70.53	+++	301	50.42	+++	270	54.22	+++	117	51.54	+++
蜘蛛目 Araneae				4	0.67	+	3	0.60	+	2	0.88	+
盲蛛目 Phalangide							1	0.20	+			
拟蝎目 Pseudoscorpiones	2	1.79	++	3	0.50	+	6	1.21	++	1	0.44	+
少足目 Pauropoda				2	0.34	+	1	0.20	+			
石蜈蚣目 Lithobiomorpha	3	2.68	++	2	0.34	+						
地蜈蚣目 Geophilomorpha	2	1.79	++				2	0.40	+	2	0.88	+
结合目 Symphyla				5	0.84	+	26	5.22	++	6	2.64	++
四　目 Tetramerocerata				2	0.34	+	1	0.20	+			
园马陆目 Sphaerotheriida				8	1.34	++	8	1.61	++			
球马陆目 Glomerida				19	3.18	++	15	3.01	++	7	3.08	++
原尾目 Protura				1	0.17	+						
弹尾目 Collembola	14	12.50	+++	131	21.94	+++	68	13.66	+++	8	3.52	++
双尾目 Diplura	1	0.89	+	8	1.34	++	9	1.81	++	2	0.88	+
直翅目 Orthoptera										1	0.44	+
等翅目 Isoptera							2	0.40	+	26	11.45	+++
缨翅目 Thysanoptera				3	0.50	+	6	1.21	++			
鞘翅目 Coleoptera	3	2.68	++	10	1.68	++	22	4.42	++	15	6.61	++
膜翅目 Hymenoptera	3	2.68	++	93	15.58	+++	46	9.24	++	36	15.86	+++
鳞翅目 Lepidoptera	1	0.89	+	3	0.50	+	5	1.00	+	1	0.44	+
双翅目 Diptera							3	0.60	+			
革翅目 Dermaptera				1	0.17	+	3	0.60	+			
蚯蚓目 Earthworm	3	2.68	++	1	0.17	+	1	0.20	+	1	0.44	+
线蚓 Nematoda										2	0.88	+
总数 Total	112			597			498			227		

+++：优势类群 Dominant groups（个体数占样地总数 10%以上）；++：常见类群 Common — seen groups（个体数占样地总数 1%～10%）；+：稀有类群 Rare groups（个体数占样地总数 0.1%～1%）

IN：Individuals　IP：Percentage of individual number in the plot　AD：Abundance

不同植被类型的热带森林，土壤动物群落既有类群组成上的相同点，又有个体数量构成上的差异性。显然，蜱螨目不论在人工林还是自然林中，都占有较大的数量比例（50%以

上)，且以橡胶多层林最高（70%左右），2类次生林和季节雨林则有相似比例（50%左右），是突出的优势类群；其次是弹尾目，在橡胶多层林和2类次生林中均占有较高的数量比，其中以白背桐次生林占有比例最高（20%左右），为这3类森林的次优势类群，季节雨林中，弹尾目个体数量减少成为常见类群，而具有热带特色的等翅目（白蚁）数量增加成为次优势类群，说明在热带季节雨林中，白蚁因具有较高的种群数量和较强的啃食能力（植食性）而对森林生态系统产生不可忽视的重要作用。值得提出的是，膜翅目在除人工林以外的3类自然林中，也具有较高的数量，尤以季节雨林和白背桐次生林较为突出（15%以上），成为3类自然林土壤动物群落组成的次优势类群。常见和稀有类群对生境具有较强的选择性，不同类型的森林样地因生境条件差异性导致常见和稀有类群的组成不同，并且因生境条件的改变常有组成上的变动，其中鞘翅目、膜翅目、结合目、马陆目和双尾目为各林地的主要常见类群，其余土壤动物类群则主要为稀有类群（每类占样地总数1%以下）。

4类林地，土壤动物的群落不仅在类群组成上不同，在各类群数量构成上也具有差异（表2）。橡胶多层林和白背桐林中，土壤动物优势类群所占有的数量比例较高，其中以白背桐林尤为突出，因而这2类森林中土壤动物群落组成的优势程度高；崖豆藤林和季节雨林中，土壤动物优势类群占有的数量比例相对要少，常见和稀有类群的数量增加，动物分布相对均匀，集中程度低。

2.2 土壤动物食性组成

土壤动物群落营养类群组成特征对森林凋落物的分解、微生物种群的散布以及土壤动物群落的构成具有较大的影响作用（Anderson，1975）。对各林地土壤动物群落营养类群组成进行初步分析，结果见图1。

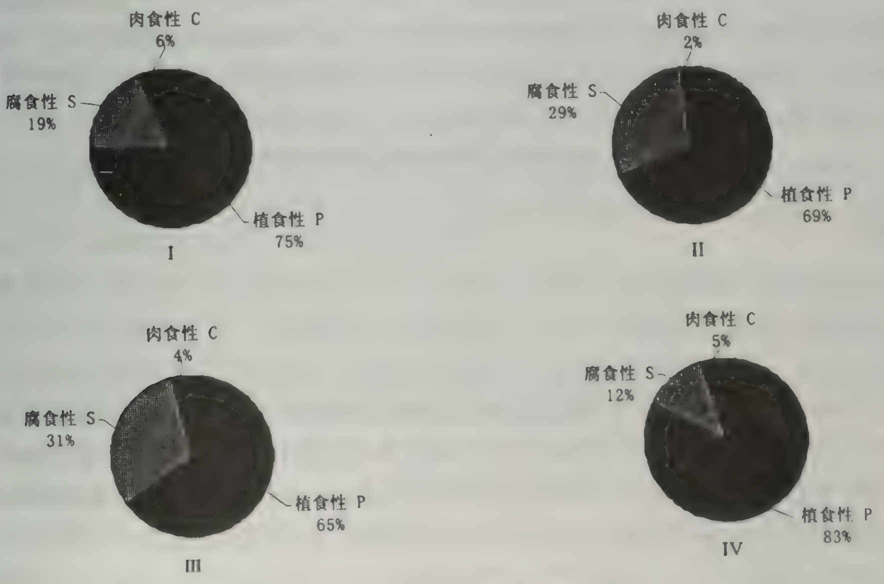


图1 4类林地土壤动物群落营养类群组成数量比例

P：Phytophagy S：Saprophagy C：Sarcophagy

Ⅰ 橡胶群落林；Ⅱ 白背桐次生林；Ⅲ 崖豆藤次生林；Ⅳ 季节雨林

图1表明，4类森林土壤动物群落营养类群均呈现出植食性>腐食性>肉食性的组成特点，其中2类次生林的组成结构相似，相对其他2类林地，其植食性土壤动物所占比例较低，而腐食性数量比例较高，肉食性最少；而橡胶多层林与季节雨林的组成较为接近，植食性所占数量比例高，腐食性相对较少，肉食性则相对较多。需要说明的是，就对森林凋落物分解起直接作用的植食性和腐食性土壤动物数量总数而言，2类次生林所占比例最高（白背桐次生林98%，崖豆藤次生林97%），其次为季节雨林（95%），橡胶多层林最少，肉食性土壤动物则相反。这表明处于演替中期的2类热带次生林正处于向顶极群落演替的不稳定阶段，其树种成分不断更新，且落叶树种较多，乔木树种密度最大，与其他群落相比，有更高的年凋落量。丰富的凋落物一方面为大型土壤动物直接提供食物，另一方面则培养大量的土壤微生物，间接被中小型土壤动物捕食，从而导致植食和腐食性土壤动物的数量比例增多，同时植食性和腐食性土壤动物的增加又促进了对森林凋落物的分解，提高了生物小循环速率。季节雨林为热带顶极群落（林龄>150年），乔木树种密度较小，群落内常绿树种成分多，生长较为缓慢，处于相对稳定的顶极状态，所以年凋落物量较少，导致植食性和腐食性土壤动物少于次生林，因而凋落物分解的消失率低，周转时间相对较长；橡胶多层林是人工试验地，群落结构简单，森林年凋落物量、现存量少，加上人为干扰强度大，环境条件相对不稳定（较次生林和季节雨林差），对土壤动物的生存产生一定程度影响。

2.3 土壤动物群落多样性分析

2.3.1 多样性指数

表征土壤动物群落多样性的指标不仅取决于群落中优势类群的优势度，而且在很大程度上决定于群落类群的丰度——多样性，它是代表群落组织水平及其功能特性的指标，是表现组成群落的种类数（丰度）和种类数量分布（均衡性）的群落特征，而且是群落组织水平上的一个独特的可测定的特征。对土壤动物这类组成复杂（类群和种类特别丰富）的群落进行多样性测定，大多数研究均以目为分类单元进行，所获结果基本上可反映出群落多样性特征的变化（尹文英，1992），4类森林土壤动物群落多样性指标测定结果见表5。

表5 4类林地土壤动物群落多样性指数比较

森林类型	S	H′	J	C
橡胶多层林	11	1.164	0.485	0.513
白背桐林	18	1.504	0.520	0.327
崖豆藤林	20	1.699	0.567	0.327
季节雨林	15	1.645	0.607	0.309

表5表明，土壤动物群落丰富度指数以2类次生林最高；香农指数比较结果为崖豆藤林>季节雨林>白背桐林>橡胶多层林；均匀性指数为季节雨林>崖豆藤林>白背桐林>橡胶多层林；优势度指数的比较结果与均匀性指数相反。将这一结果与各林地土壤动物群落类群组成的数量分布进行比较可看出，4类林地中，常见类群（占样地总捕量1%～10%）＋稀有类群（占样地总捕量1%以下）的排序为崖豆藤次生林（17类，占22.88%）>热带季节雨林（12类，占21.15%）>白背桐次生林（15类，占12.06%）>橡胶多层林（9类，占16.08%），这与各林地土壤动物群落多样性状况相符，说明在土壤动物群落中，那些大量的常见和稀有类群充分决定群落中类群的多样性变化（尹文英，1992）。因此可认为崖豆藤林土壤动物群落的多样性最高，季节雨林其次，橡胶多层林最低。虽然季节雨林中，土壤动物类群数和个体

数量较次生林低，但土壤动物分布的较为均匀，群落的优势度最低，均匀性最高，而香农指数是群落丰富度和均匀性指数二者的函数，故其多样性指数较高。这一结果与廖崇惠(1997)对海南南亚热带森林土壤动物结构分析所得结果一致，即较高土壤动物多样性出现在向顶极森林群落——热带季节雨林发展的次生群落林（崖豆藤林）中，而不是在顶极原生林中。

2.3.2 相似性比较

对4类林地土壤动物群落相似性进行分析比较，结果见表6。

表6 4类林地土壤动物群落相似性指数比较

森林类型	橡胶多层林	白背桐林次生	崖豆藤次生林	热带季节雨林
橡胶多层林	1	0.61	0.55	0.73
白背桐次生林		1	0.90	0.83
崖豆藤次生林			1	0.75
热带季节雨林				1

群落的相似性大小是以共有物种的多少决定的，所获结果显示，2种次生群落林土壤动物群落的相似性指数（q＝0.90＞0.85）最高，达到极相似水平，群落共有的物种相对较多，相异性低，白背桐次生林与热带季节雨林其次（0.75＜q＜0.85），橡胶多层林与次生林最差(q＜0.75)。反映出生境的相似性是土壤动物群落结构相似性的基础。

3 讨论

3.1 本文涉及的西双版纳4类热带森林中，土壤动物群落雨季组成特点为：蜱螨目为突出优势类群，弹尾目、膜翅目和等翅目在不同森林中分别为次优势类群；鞘翅目、马陆目和双尾目为常见类群。对于不同林型的森林，土壤动物的类群组成及数量分布存在明显差异，表现出随森林演替年龄的增长，土壤动物优势类群的组成数目增加而占有的数量比例逐步下降，其中具有典型热带地区特色的膜翅目和等翅目数量在自然林中增加成为优势类群，且在热带季节雨林中代替了弹尾目在群落中优势成分的地位。

3.2 土壤动物营养类群组成特征与森林植被类型密切相关，处于演替中期的次生林中，森林凋落物量、分解速率、营养元素归还量（任泳红，1997）、植物生长量以及微生物（张平，1997）数量均较顶极的季节雨林高，导致植食和腐食性土壤动物数量增加，而土壤动物在这种有机质的转化和生物养分释放中起到的重要作用尚需进一步研究。

3.4 在整个土壤动物群落里的种类总数中，个体数量比较丰富的种类只占很小的百分比（大量个体、大生物量或其他重要指标），大多数是常见和稀有种（具有较小价值），同时少数优势种在每一营养群中充分说明了能流，而那些大量的常见和稀有种却充分决定营养群落中种的多样性变化（尹文英，1992）。因此，土壤动物群落特征的研究，既要考虑群落优势成分，又不能忽视常见和稀有成分。测定结果显示，香农多样性指数以崖豆滕次生林最高，均匀性指数则以热带季节雨林最高，橡胶多层林优势度指数最高，香农多样性和均匀性指数最低。这与森林土壤动物群落常见和稀有类群占有的数量比例变化相一致。

参考文献

王振中，张友梅．1989. 衡山自然保护区森林土壤中动物群落研究．地理学报，44 (2) 205 ～ 213
马克平．1994. 生物群落多样性的测度方法－Ⅰ．Ⅱ α多样性的测度方法（上、下）. 生物多样性，2 (3) 162～168，2 (4) 231～239
尹文英等（著）．1992：中国亚热带土壤动物．北京：科学出版社
邓晓保．1994. 热带胶茶人工群落中土壤动物季节变化的研究．生态学杂志，13 (5) 31～34
李朝达，杨大荣．1997. 西双版纳片断热带森林土壤动物组成比较．动物学研究，18 (1) 45 ～ 49
陈鹏，富德义．1984. 长白山土壤动物在物质循环中作用的初步探讨．生态学报，4 (2) 172 ～179
张萍等．1997. 西双版纳热带次生林的生物养分循环．土壤学报，34 (4) 418～426
杨效东，张建侯等．1997. 西双版纳人工群落林土壤动物的旱季群落结构．动物学研究，18 (3) 403 ～ 409
青木淳一．1973. 土壤动物学．东京：北隆馆
廖崇惠，李健雄，黄海涛等．1997. 南亚热带森林土壤动物群落多样性研究．生态学报，17 (5) 549 ～555
Anderson, J. M. 1975. Succession, diversity and trophic relationships of some soil animals in decomposing leaf litter. J. Anim. Ecol., 44: 475～495
Anderson, J. M. 1988. Spatiotemporal effects of invertebrates on soil processes. Biol. Fertil. Soils., 6: 216～227
Booth, R. G. & M. B. Usher. 1985. Relationships between Collembola and their environment in a maritime Antarctic moss—tuff habitat, ecological interactions in soil. Oxford . 279 ～ 284
James, C. N., G. W. Walter & K. Marek , 1996. Soil land litter microarthropod populations from two contrasting ecosystems in semi—arid eastern Australia. Journal of Arid Environments, 32: 329 ～ 346
Reichle, D. E. 1997. The role of soil invertebrates in nutrient cycling. In: Lohm, U. T. Persson (ed.). Soil Organism of Ecosystems. Stockholm: Ecol. Bull., 25: 145 ～ 156
Teuben, A. 1991. Nutrient availability and interactions between soil arthropods and microorganisms during decomposition of coniferous litter: a mesocosm study. Biol. Fertil. Soils., 10: 256 ～ 266
Zhang , J. H., M. Cao, 1995. Tropical forest vegetation of Xishuangbanna, SW China and its secondary changes — with special reference to some problem in local nature conservation. Biological Conservation, 79: 229 ～ 238

THE COMPOSITION CHARACTER AND DIVERSITY OF SOIL FAUNA IN TROPICAL FORESTS OF XISHUANGBANNA IN THE RAINY SEASON

Yang Xiaodong, She Yuping , Cao Min
(Department of forest Ecology, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223)

Composition of groups, distribution of individuals and diversity of soil fauna in four tropical forests in Xishuangbanna were studied in a rainy season. The results showed: Acarinaand is the primary dominant groups in the tropical forest soils, *Collembola*, *Hymenoptera* and *Isoptera* were the second dominant groups. The im-

portance of trophic categories of the soil fauna in the primary tropical forests were Phytophagy > Saprophagy > Sarcophagy, the importance of Phytophagy and Saprophagy soil fauna in the secondary forests increased. The groups, individuals and diversity of soil fauna in the secondary forests were more than those in the climax communities (Seasonal rain forest) . The abundance and riches of soil fauna were positively related to litterfall and biological cycling speed of tropical forest. The similarity index of soil fauna between two secondary forests was the best in four forests.

Key words: Tropical forests, Soil fauna, Composition character, Diversity

蒙古栎及蒙古栎林的研究概况

于顺利　马克平　陈灵芝　张承军
（中国科学院植物研究所，北京 100093）

摘　要　蒙古栎 *Quercus mongolica* Fesch. ex Turcz. 在中国北方是一种常见的树种，而蒙古栎林在中国是一种分布较广的次生林，对它们的研究一直是我国生态学上的热点之一。本文介绍了蒙古栎及蒙古栎林的研究进展简况及成果，包括蒙古栎及蒙古栎林的地理分布，蒙古栎树种的系统分类与生物学特性、生态学特性，蒙古栎林的群落结构、组成、类型及其一些群落学特征，蒙古栎林演替，蒙古栎林生态系统的水文效应，蒙古栎林的养分循环，蒙古栎林的生理生态学特性等方面。预测了蒙古栎及蒙古栎林今后的研究方向。

关键词　蒙古栎林　研究进展

蒙古栎林在中国是一种分布较广的次生林，它对我国东北和华北地区的气候比较适应，对人类活动具有较强的适应性，不管是对国民经济还是对生态环境都具有很高的价值，因此开展对蒙古栎的研究具有重要的意义。在中国关于栎树和栎林的研究，最早见于 1935 年发表于植物学杂志上的“中国枯叶栎之研究”（刘慎谔，1935）一文，但 1949 年以前这方面研究的文献很少。在 50、60 年代，对蒙古栎的研究逐渐有较多的文献出现，主要是植被调查，包括分布和种类组成等。80 年代以后，关于蒙古栎及蒙古栎林的研究文献大量出现，这些研究包括了各个方面，得到了很多规律性的结论。但很多研究都较为零散和不足，还需继续深化。主要研究工作及其研究结果总结如下。

1　蒙古栎及蒙古栎林地理分布的研究

关于蒙古栎及蒙古栎林的地理分布方面的研究有大量的文章和专著出版，虽然在这方面还有一些争论，但此工作已算基本完成；包括《中国植被》以及《黑龙江森林》、《辽宁森林》、《吉林森林》、《山东森林》等一大批专著对这些工作都有总结，如蒙古栎的分布在中国比较广泛，北界可达黑龙江边，南界可以认为是江苏北部连云港附近的云台山，东界可到山东的崂山和昆嵛山，西界可到陕西和甘肃的一些地区。蒙古栎的垂直分布海拔在 300～1 300 米（吴征镒，1980；王良风等，1986）。蒙古栎林主要分布于我国的东北和华北地区的黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、山东、北京、天津等各地蒙古栎林的分布面积及蓄积量也大体有个统计数据。但河南、陕西、甘肃、宁夏等未见报道有蒙古栎林存在。

研究发现蒙古栎林在我国东北分布较广。追其原因，陈大珂等（1982）认为主要有三：一是栎树寿命很长（几百年甚至千年以上），一旦形成群落，能较长期地占据生境；二是栎树比

较耐旱；三是次生林区的冈脊部位，尤其经反复破坏和火烧后，是诸立地类型中最为干旱瘠薄的一类，在这样的立地条件下，惟有栎树最能适应，在短时间内其他树种不可能更替它；栎树树皮厚，而且萌芽更新能力极强，为次生林诸主要树种中最耐火者，由于次生林地区的烧、垦现象很频繁，这就成为栎林得以稳定存在的一个不可忽略的人为因素。

2 蒙古栎树种的系统分类与生物学特性、生态学特性的研究

关于蒙古栎的系统分类问题，存在一些争论，如有人对蒙古栎和辽东栎两个物种分种界限的疑问，也影响到两个种的地理分布问题。蒙古栎树种的抗旱性、抗寒性、抗火性及强烈的萌芽力、喜光等特性，很多文献都有提及，如《黑龙江森林》、《吉林森林》、《辽宁森林》和《内蒙古森林》等。蒙古栎根系发达，能够涵养水源，防止水土流失。

对蒙古栎的这些特性研究，也陆续作了一些工作，如对抗旱性的研究（刘琪憬等，1989；郑希伟等，1990；王淼和陶大立，1998），这些作者通过对蒙古栎的生物量、根系、蒸腾强度、光合作用强度、叶绿素含量、水分亏缺、自由水和束缚水的含量、叶片保水率和叶片显微结构等的研究，对蒙古栎抗旱性进行了测定和分析；陈大珂等（1982）对蒙古栎直径和树高的关系以及蒙古栎叶面积指数等方面进行了研究；李克志（1958）对蒙古栎萌芽特性进行了研究。

郑焕能等（1986）通过研究认为大兴安岭各主要树种的有性更新对火的适应能力，由大到小的顺序为黑桦（*Betula dahurica*）、白桦（*Betula platyphylla*）和山杨（*Populus davidiana*）→落叶松（*Larix gmelini*）→樟子松（*Pinus sylvestris* var. *mongolica*）→云杉（*Picea jezoensis*）→蒙古栎；树种的无性更新对火的适应能力，由大到小的顺序为蒙古栎、山杨→黑桦、白桦→落叶松→樟子松、云杉；树种的抗火性，由强到弱的顺序为落叶松→樟子松→蒙古栎→黑桦→白桦→山杨→白皮云杉；树种对火后环境变化的适应，以黑桦和蒙古栎为较强；通过综合分析得出大兴安岭各主要树种对火的适应能力，由大到小的顺序为黑桦→蒙古栎→白桦→山杨、落叶松、樟子松→红皮云杉（*Picea koraensis*）。

文诗韵等（1991）通过研究认为蒙古栎具有较高的光补偿点、光饱和点及较大光合速率，但其量子光合速率较低，表明蒙古栎比较有效地利用高强度的太阳辐射，而对弱光能利用效率较低。

3 蒙古栎林的群落结构、组成、类型及其一些群落学特征的研究

关于各个地区蒙古栎林的群落结构和物种组成及区系成分都有一些研究（吴征镒，1980；山东森林编委会，1986；黑龙江森林编委会，1988；吉林森林编委会，1988；内蒙古森林编委会，1988；辽宁森林编委会，1988；李茹秀等，1991；河北森林编委会，1996；河北植被编委会，1996；曾宪锋，1998）。由于蒙古栎群落所处的生境不同，林下植物也发生很大变化，可划分为杜鹃蒙古栎林、胡枝子蒙古栎林和榛子蒙古栎林等（辽宁森林编委会，1988；内蒙古森林编委会，1988；黑龙江森林编委会，1988；周以良等，1991）。

通过对蒙古栎种群年龄结构的研究，得出蒙古栎的更新方式是非连续的，具有一种周期性的“潮动”现象，也许就是这种“潮动”现象维持了栎林的稳定性（阳含熙和伍业钢，

1988)。栎林中色木、椴0～10年龄组的个体数占很大比例，而10～20年龄组幼树个体很少，说明栎林的生境仍较其他生境严酷，幼苗保存率不高（李文英，1989)。

蒙古栎种群空间分布格局的研究，表明不同类型的蒙古栎林及林下幼苗幼树多呈聚集分布（刘彤和周晓峰，1990)。

另外对柞蚕林（以养蚕为目的的萌生栎林）冠层结构、林内光照分布及其叶生物量也进行了一定的研究（文诗韵等，1991)。

对蒙古栎林生物量的研究，也做了一些工作，如对黑龙江蒙古栎林总生物量的研究，得出每 $hm^2$196 078.35kg（陈大珂等，1982)；赵惠勋（1992）也对包括蒙古栎林在内的几种林型生物量进行了比较。雾灵山蒙古栎林总生物量（为 132.711t.hm^2）和叶面积指数的研究（王德艺等，1998)。

4 蒙古栎林的起源和演替

关于栎属的起源问题，已有一些探讨（周浙昆，1992；江泽平，1993)。蒙古栎林的起源在学术界存在分歧，主要有两种观点：一是认为蒙古栎林是原生林，二是认为蒙古栎林是次生林。刘慎谔（1957）认为，在小兴安岭和长白山林区，存在这两类相对稳定的森林群落，即湿润的、以红松为代表的针阔混交林和较干燥的蒙古栎林；这两类较稳定的森林受到一定的外力干预后，就会产生互为密切的、可逆的演替系列。其演替程序为：

针阔叶混交林⟷杨桦阔叶林⟷蒙古栎林⟷灌丛⟷草地或农田

但近年的研究认为，由于人类对森林的严重破坏，不少地区的蒙古栎林都是原生植被经破坏后产生的次生植被类型或小区气候旱化使蒙古栎林扩展而成；松林和栎林之所以在世界各地所有树种中占据优势，主要是林火造成的（Spurr，1973)。在大兴安岭林区经常可以见到由于火灾引起的逆向演替：

兴安落叶松林 $\xrightarrow{\text{高强度火}}$ 白桦林 $\xrightarrow{\text{反复火烧}}$ 蒙古栎林、黑桦林 $\xrightarrow{\text{反复火烧}}$ 草原化群落（郑焕能等，1990)。

蒙古栎林的形成过程有两种演替趋势：一种是由于对森林进行不合理的采伐或遭受森林火灾等原因，致使森林向消退性演替方向发展，由于蒙古栎具有对于干燥贫瘠土壤条件的忍耐性（适应性)，以及极强的萌蘖性和抗火性等特点，使得蒙古栎在同自然界其他树种的竞争中保存下来，形成一种相对稳定的次生蒙古栎林；另一种是通过封山育林，加强山林保护等措施，制止蒙古栎林的消退性演替（吉林森林编委会，1988)。在山坡上的柞树如再经破坏就要变成柞丛，大面积的柞蚕场就是一例；若继续重复破坏，就有变为榛丛或胡枝子丛的危险。由此可见，如果不注意次生林的演替规律，不因势利导地改善次生林的质量，加上不合理的经营，其后果是不堪设想的（张颂云，1983)。

樊天保等（1996）通过对蒙古栎林更新的研究，发现影响蒙古栎无性更新的因素有伐根的年龄和人为干扰的强度，环境因素如郁闭度和土层厚度等对无性更新也有影响；影响蒙古栎有性更新的因素有动物对种子的捕食与传播，环境因素如郁闭度、下木盖度、死地被物厚度、腐殖质厚度等也影响蒙古栎有性更新。

李文英（1991）通过对东北东部山区蒙古栎林演替的研究，认为蒙古栎林相对稳定，但这种保护较好的栎林有中生化趋向，将增加色木（*Acer mono*)、椴（*Tilia*)、榆（*Ulmus*)、水

曲柳（*Fraxinus mandshurica*）的比重，与蒙古栎伴生。

5 蒙古栎林生态系统的水文效应

魏晓华和周晓峰（1995）以蒙古栎林为研究对象，系统地研究了森林水文中的截留作用、径流分配、蒸发散及水量平衡的变化规律。他们认为：蒙古栎的森林作用层在生长季里获得的净辐射为 39 560.1J/cm²，其中潜热交换占 74.5%，生长季林地作用层获得的净辐射为 2 512.8J/cm²，潜在交换每生长季为 1 936J/cm²，依据辐射观测，推算蒸发散；蒙古栎林冠的降雨截留率为 19.9%，疏伐林为 15.2%；枯枝落叶的截留量为 4%，草本植物的最大持水量 0.9t/hm²，皆伐林为 4.85%t/hm²；通过比较发现，蒙古栎的树干径流量是次生林各树种最大的，约占降水量的 15.5%，径流量的大小与树冠的形成结构有关；径流中含有的元素较多，因此蒙古栎通过树干径流能将大量的水分、养分导入根系区域，对适应干旱瘠薄的立地条件具有十分重要的生态意义；树干径流和林内雨进入土壤后的分配格局是不同的，树干径流进入根系区域后，绝大部分被土壤和根系保持住，从而有助于根系获得较多的水分和养分，而林内雨进入土壤后，有较大一部分变成径流输出系统，使得此区域内获得的养分和水分远不如根系区域。蒙古栎林总径流量为 212.1mm，占降雨量的 32.6%，总径流量分配以下渗流占绝对优势，为 91%，而地表径流与壤中流所占的比例很少，但蒙古栎经皆伐后，土壤物理性质发生了变化，径流量约增加 14.5%，径流分配也发生了变化，下渗流减少，地表径流增加，疏伐对径流影响不太明显。蒙古栎林的蒸发水分占总降雨量的 77.5%，是水量平衡中最主要的水量，是系统水分的主要输出形式。

魏晓华和周晓峰（1989）通过对 3 种阔叶次生林的径流比较，得出 3 种次生林的径流比为，白桦林：水曲柳林：蒙古栎林≈1：2：3，这种差异与枝叶形态、枝条分枝角度及林分的叶面积指数有关；蒙古栎林借助于它的形态结构使其根系区域获得的水分、养分最多，从而有助于它适应干旱、瘠薄的立地条件。

蒙古栎林具有很高的干流量，干流率达 15.5%，是白桦林的 3.3 倍，是落叶松林的 9.3 倍，是红松林的 15 倍。

6 蒙古栎的单木生长

据王传宽等研究（1993），蒙古栎是典型的短速型高生长。在一个生长季中，其树高仅生长 1 个月左右（白桦高生长达 3 个月，水曲柳属中间型），从顶芽展开到高生长停止共 17 天。昼间高生长量明显大于夜间高生长量。蒙古栎在春季高生长停止后，夏季时有一次甚至两次再生长。不论是萌生幼树还是实生幼苗，全光照条件下的高生长量均大于林下庇阴条件下生长量。茎生长开始时间较晚，生长时期近 3 个月。栎木速生期中，夜间最低温度是限制夜间生长的主要因子之一。

王克等（1990）以吉林省依兰县的调查材料为基础，按照 3 种生态演替系列，对每一系列主要群落的树种生长进行了分析，得出中生演替系列群落（榛子柞木林、柞木林、柞木山杨林）的蒙古栎比旱生群落中的蒙古栎的发育更好，年平均直径生长量大 5.71%，年平均树高生长量大 11.82%，年平均材积量大 34.53%，因为中生系列土壤中的水分和养分比旱生系

列的充足，更适宜柞木的生长，因此径、树高、材积均大。在中生群落中，柞树比椴树生长更好，年平均生长量大105.56%，年平均树高生长量大129.41%，年平均材积量大203.03%。

7 蒙古栎林养分循环的研究

石福臣等（1990）对三江平原天然次生蒙古栎林从营养元素的现存量、营养元素的年增长量及营养元素的年归还量等方面进行了定位研究，结果表明，该地区营养元素的现存量为2 121.3kg/hm²，营养元素的增长量为83.16kg/hm².a，营养元素的归还量为155.37kg/hm²。三江平原天然次生柞树林乔木层、灌木层、草本层营养元素平均含量分别为2 859.8μg/g、3 496.1μg/g和4 676.5μg/g，呈现出草本层含量大于灌木层，灌木层大于乔木层。

石福臣等（1990）对三江平原天然次生蒙古栎林凋落物分解规律进行了研究，其方法为直接收集法收取凋落物，然后将凋落物各组分定量分装于分解袋中使其自然分解，再按期抽取各样品的分解袋，进行重量测定及营养元素分析，从而得出了凋落物各组分的分解率、半分解率和凋落物在分解过程中营养元素的动态变化规律。

周以良等（1990）通过对蒙古栎林凋落物的研究，得出了北温带蒙古栎林的年凋落物总量，低于温带栎木林的总量，而高于寒温带针叶林，并对凋落物组成成分的变化规律、凋落物营养元素的变化规律进行了深入探讨。天然次生柞树林每年每公顷吸收营养元素238.53kg。本区柞树林内凋落物N、P两种元素含量远高于土壤中这两种元素含量，断定N、P两种元素是该区“土壤不足元素”。

柞树营养元素在树冠中含量最高，其次是树皮和树根，而树干材中营养素含量最低；树根的地下30～60cm处，营养元素含量最高，是小根的盘结所在；在树皮和树干材的营养元素垂直分布中，在树高7.6m附近还有一个营养元素低谷区。

王传宽等人（1993）的研究表明：蒙古栎同一器官不同元素的浓度有差异，在树干方面，N>K>Ca>P>Mg>Fe>Cu>Mn>Zn；活枝方面，Ca>N>K>Mg>P>Mn>Fe>Zn>Cu；树枝方面，N>Ca>K>Mg>P>Mn>Fe>Zn>Cu；根系方面，Ca>N>K>Mg>Fe>Mn>Cu>Zn。

另外石福臣（1993a）对蒙古栎的树皮、干、根及树冠各层的营养元素，按照不同的高度和层次进行了分析，阐明了这些营养元素在蒙古栎各器官中的垂直分布规律。

8 蒙古栎林的生理生态学特性

蒙古栎群落各种群蒸腾强度的日进程呈单峰曲线，一般在在中午达到最高值，但各种植物蒸腾特性各有差异。乔木层中椴树蒸腾生理活性最大，其次是蒙古栎和色木。灌木层的蒸腾活性顺序为：鼠李>胡枝子>榛子>山梅花。山葡萄和五味子是层间植物，它们借缠绕和攀援优势选择相应空间，保持较高蒸腾特性。草本层中的宽叶山蒿、歪头菜、白藓、宽叶苔草、苍术的蒸腾也较活跃（石福臣等，1993）。

蒙古栎林冠表面所获得辐射量以6月份为最大，占总量的26.6%，5月分次之，占20.7%，这与蒙古栎的高生长期是一致的。到达栎林系统可用总辐射量为每生长季2.4MJ.cm⁻²。蒙古栎林生态系统的能量交换主要在林冠作用层，而林地的能量交换很弱。蒸

发散中，蒸腾量占 82.3%，白桦占 65.6%，蒙古栎是一个蒸腾量很高的树种。

石福臣等（1993b）通过对蒙古栎林群落的梯度观测，分析了光能总辐射、散射辐射及反射辐射在树冠上部、树冠中部及树冠下部的日变化过程，并进而算出光在蒙古栎林群落各层内的消光系数一次为 0.55、0.68 和 0.74。

9 蒙古栎林边缘效应的研究

陈祥伟等（1990a，1990b，1990c）对天然次生柞木层进行人工开拓效应带，形成不同的柞木—针叶林群落型，对结构内的小气候效应进行了研究和分析。由于效应带的开拓，增强了乱流交换强度，同时促进能量的水平与垂直输送，空气最低和最高温度都有增加，地表温度日平均提高 1.24℃，在整个林木生长季内，水文效应以蒸发量最显著，湿度效应不明显。开拓效应带的样地，具有明显的边缘效应，生物量生长率和材积生产率都比不开拓效应带的高，林下植被无论草本层还是灌木层比不开拓效应带的生物量净生长量大，这是因为开拓效应带增大林内光照的结果。同时也反映出光照强度是天然次生柞木林下植被生长的限制因子。经开拓效应带的样地凋落物分解率都不同程度地有所降低。效应带内生理指标的日变化幅度大，说明效应带内林木新陈代谢旺盛（净光合产量提高了 819.25g/cm^2）。

10 蒙古栎林研究的展望

关于蒙古栎林的研究工作虽然做了不少，但还需要继续扩展和深入。

蒙古栎林的地理分布范围问题，蒙古栎和辽东栎物种的划分问题，这两个种是一个物种还是两个物种？如是两个物种，这两个物种的主要形态特征区别在哪里？其地理分布范围如何？这些问题还需要进行深入研究，应用现在先进的生物学技术，开展包括形态学及同工酶、DNA 等方面工作，这些方面虽然有人做过一些工作（恽锐等，1997），但只是零星的，面不够广，还需要进行较大规模的研究。

蒙古栎林群落学特征的研究已作了很多工作，但有些方面如叶型谱等还需要深入研究。作者本人在这方面也做了一些工作，但选取的地点还不够多、不够全面，所作的工作也仅是蜻蜓点水；以后还需要调查足够多的地点，运用现在各种更先进的生物学技术，投入较大量的人力和物力。

蒙古栎林的物种多样性特征，作者本人也做了一些工作，包括纬度梯度和海拔梯度下蒙古栎群落物种多样性变化特征以及地形对蒙古栎群落物种多样性的影响，但这方面还要进行全面的深入研究。

蒙古栎和蒙古栎林的起源问题一直是生态学的热点和难点之一，还需要包括古化石等的一大批研究资料来探讨本问题。

蒙古栎林的演替特征还需要继续深入研究。

参考文献

阳含熙，伍业钢．1988．长白山自然保护区阔叶红松林林木种数组成、年龄结构和更新策略的研究．林业科

学，24（1）：10～15

Spurr，S. H.，B. V. 1973. Barnes Forest Ecology. New York. The Ronald Press Company

陈炳浩，冯宗炜，鞠岘．1959．小兴安岭南坡的柞林．林业集刊，4：61～86

陈大珂，周晓峰，越惠勋等．1982．天然次生林四个类型的结构、功能及演替．东北林学院学报，(2)：1～20

陈祥伟，丁宝永，石福臣等（a）．1990．天然次生柞木林不同群落结构林木生理指标与小气候因子的关系．东北林业大学学报（生态专刊）：47～55

陈祥伟，丁宝永，石福臣等（b）．1990．天然次生柞木林不同群落结构林分生产力效益分析及最优化模式的探讨．东北林业大学学报，18（生态专刊）：32～37

陈祥伟，丁宝永，刘健松等（c）．1990．天然次生柞木林不同群落结构小气候效因的研究．东北林业大学学报．18（生态专刊）：50～69

樊厚宝，藏润国，李德至．1996．蒙古栎种群天然更新的研究．生态学杂志，15（4）：15～20

江泽平．1993．中国第三纪的栎类．植物学报，35（4）：397～408

葛剑平，陈动，李传荣等．1992．火干扰对天然红松林结构和演替过程的影响．东北林业大学学报，20（5）：33～39

河北森林编委会．1996．河北森林．河北科技出版社、中国林业出版社

黑龙江森林编委会．1988．黑龙江森林．哈尔滨：东北林业大学出版社，北京：中国林业出版社

吉林森林编委会．1988．吉林森林．长春：吉林科技出版社，北京：中国林业出版社

李克志．1958．柞树萌芽林的研究．林业科学，(3)：231～247

李茹秀，李文英，陈大珂．1991．阔叶红松林区天然次生林结构与动态．中国森林生态系统定位研究．哈尔滨：东北林业大学出版社，606～613

李文英．1991．东北东部山区天然次生林演替规律的研究（Ⅰ）．见：周晓峰（主编）．中国森林生态系统定位研究第一集．哈尔滨：东北林业大学出版社，454～463

李文英．1991．东北东部山区天然次生林演替规律的研究（Ⅱ）．见：周晓峰（主编）．中国森林生态系统定位研究第一集．哈尔滨：东北林业大学出版社，464～473

刘琪憬．1989．辽西阜新地区主要树种抗旱性的研究．东北林业大学学报，17（1）：93～99

刘彤，周晓峰．1996．蒙古栎种群空间分布格局的研究．见：祝宁主编．植物种群生态学研究现状及进展．哈尔滨：黑龙江科学技术出版社，100～104

刘慎谔．1957．关于大小兴安岭的森林更新问题．林业科学，(3)：263～280

邵永礼，王百成．1987．蒙古栎过伐林木结构、组成和演替．吉林林学院学报，3（1）：32～46

石福臣．1993．柞树体内营养元素的垂直分布．植物研究，13（3）：307～311

石福臣，陈祥伟，丁宝永等．1990．三江平原天然次生柞木林养分循环的研究．东北林业大学学报（生态专刊）：39～46

石福臣，陈祥伟，李弘等．1990．天然次生柞木林边缘效应的研究．东北林业大学学报（生态专刊），56～59

石福臣，丁宝永，闰秀峰等．1990．三江平原天然次生柞木林凋落物分解规律的研究．东北林业大学学报（生态专刊），28～31

石福臣，刘桂英，张捷．1993．天然次生蒙古栎林内光能的分布与传递．见：王祖望（主编）．能量生态学一理论、方法和实践．长春：吉林科学技术出版社，133～137

石福臣，杨国亭．1993．蒙古栎群落蒸腾特性的研究．植物研究，13（3）：302～306

王良民，任宪威，刘一樵．1985．我国落叶栎的地理分布．北京林学院学报，(2)：57～69

王淼，陶大立．1998．长白山主要树种耐旱性的研究．应用生态学报，(1)：7～10

魏晓华，周晓峰．1989．三种阔叶次生林的径流研究．生态学报，9（4）：325～329

魏晓华，周晓峰．1995．蒙古栎林生态系统的水文效应．森林生态系统研究

温达志，杨思河．1993．柞蚕林生物生产力和干物质转化的研究．生态学杂志，12（1）：5～10

吴征镒（主编）.1980. 中国植被. 北京：科学出版社
曾宪锋.1998. 蒙古栎林的区系成分. 云南植物研究，20（3）：265～269
郑希伟，赵荣慧，宋秀杰.1990. 辽西地区主要造林树种抗旱性的研究. 林业科学，26（4）：353～358
郑元润.1998. 大青沟残遗森林植物群落特点及种间联结性的研究. 植物学通报，15（5）：44～49
中国科学院蒙宁考察队.1979. 内蒙古自治区及其东北毗邻地区的植被. 北京：科学出版社
中国科学院蒙宁考察队.1984. 内蒙古植被. 北京：科学出版社
周以良，石福臣，陈祥伟等.1990. 天然次生柞木林凋落物及营养元素变化规律的研究. 东北林业大学学报 18（生态专刊）：8～12
周以良（主编）.1997. 中国东北植被地理. 北京：科学出版社
周以良（主编）.1991. 中国小兴安岭植被. 北京：科学出版社
周浙昆.1992. 中国栎属的起源演化及其扩散. 云南植物研究，14（3）：227～236
周浙昆.1993. 中国栎属的地理分布. 中国科学院研究生院学报，10（1）：95～108

INTRODUCTION TO THE RESEARCH OF *QUERCUS MONGOLICA* AND *QUERCUS MONGOLICA* FOREST

Yu Shunli , *Ma Keping* , *Chen Lingzhi*, *Zhang Chengjun*
(Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Quercus mongolica is a common forest tree in north China. *Quercus mongolica* forest is a widely distributed secondary forest in China. The research on the characteristics of *Quercus mongolica* and *Quercus mongolica* forest is one of the hot topics. This article introduces the research development about *Quercus mongolica* and *Quercus mongolica* forest such as geographical distribution, structure, composition, succession, water circulation, nutrition cycle and physi-ecological characteristics. The future research directions are also given.

Key words: *Quercus mongolica* forest, Research development

生物多样性信息管理

海洋浮游生物的时空分布实测物种数据采集处理系统*

蔡淇松　陈虹勋
（中国科学院南海海洋研究所，广州　510301）

摘要　海洋生物的采样调查和样品分析鉴定按照海洋调查航次进行。本系统以航次为基础，程序将自动建立“常规”数据库结构和实现实测数据录入质量控制；自动进行基本生物学统计和采样点生物多样性统计；自动按照时间空间序列排列数据，以满足综合科学数据库的空间查询要求等特点融为一体。较好地将依据海洋科学调查数据管理经验的二维表格数据管理模式，由程序转为计算机数据管理模式，体现了向计算机数据处理管理的平滑过渡。

关键词　浮游生物数据采集　浮游生物数据库　生物多样性信息系统

1　前言

信息的应用越来越重要。当今世界，谁掌握了信息并使之转换为经济、科技优势，谁就掌握了发展的主动权（李正男，1995）。目前，计算机信息系统能为信息管理、使用提供有效手段；而经济和科技发展对信息的需求越来越强烈。但是，信息和数据由储存在纸张、样品或照片等传统的载体向适合于计算机管理的电子载体转变过程中，除了载体的改变外，还需要改变传统的数据处理习惯，以适合计算机电子化的要求。例如，原将海洋浮游生物的时间空间分布实测数据管理，归纳到海洋浮游生物实测数据的表格内，每个海上调查航次全部数据为一张表格。这种经过海洋生物学家长期经验实践的二维表格无疑是最适合海洋调查的实际需要的，但对计算机数据管理来说就不那么合适，表现在其二维表格而对计算机来说，实质是多个三维表格的组合。为此，需要处理这个转化过程。

为了两种数据管理模式的自动转化，则要面对计算机专业及其海洋生物专业人员互相沟通的问题：对操作人员来说是缺乏海洋生物专业知识，物种名称的书写格式差异也会成为问题；要海洋生物专业人员脱离习惯的数据管理去操作计算机，是浪费时间。为使两种管理方式实现“平滑”衔接、数据自动过渡，需要有称为“数据采集与处理的计算机软件系统”的软件去解决这个问题。为此，需要解决的问题是。在缺乏权威而有效的海洋生物物种代码（编目库）条件下，如何解决没有编目库管理的物种名称录入会“发现”了生物的新记录新物

* 本文是中国科学院生物多样性委员会 97 年度资助的、由中科院生物多样性信息系统海洋分部承担课题的成果之一。

种的问题（陈虹勋等，1997）；解决使录入的实测数据自动转变为适合于长时效综合科学数据库的空间查询界面要求（蔡淇松等，待刊）；如何利用电子化优势实现常规生物学统计和机理性的生物多样性分析任务等。

2 系统分析

通常海洋浮游生物实测数据是记录在一张二维表格上，一个海洋调查航次的全部采样的分析鉴定的结果及其采样点的时间空间等均记录在其中。包括各浮游生物属种的个体数量、浮游生物总重量及其生物学的常规统计项目等。这是海洋科学工作者多年来的经验结晶，以下称为经验表格。在经验表格中：列分为3部分，前几列记录生物物种的中英文科属种名；最后的几列为该生物属种的生物学统计结果（百分比、总数量、平均值等）；中间各列为该航次的每个采样点（站位）的时空坐标及其对应的实测值；行分为3部分（或称3个表），包括各采样点的生物总湿重、各属种的生物学个体数量及其分类统计数据等。经验表格实质是物种、数量和时空等三维坐标表格，其形式不利于计算机的数据组织管理，例如空间查询界面要求数据库数据的按时间空间序列去组织*。直接按照此要求将数据按照时间空间排列录入到空间数据库时，需要海洋生物科学工作者改变多年海洋调查数据管理方式，这无疑需要时间与实践的检验；而且，也不利于不熟悉生物专业的操作员操作。因此，软件系统对实测数据流程分三步进行（图1）首先，按各航次实际采样站点自动设计与经验表格匹配的数据库，满足电子化录入录据的需求；其次，在此基础上自动进行海洋生物学常规统计和采样点生物多样性统计；最后，自动按照时间空间序列追加进入空间数据库中。为实现了实测数据管理模式向计算机管理的变化的“平滑”过渡打下良好的基础。

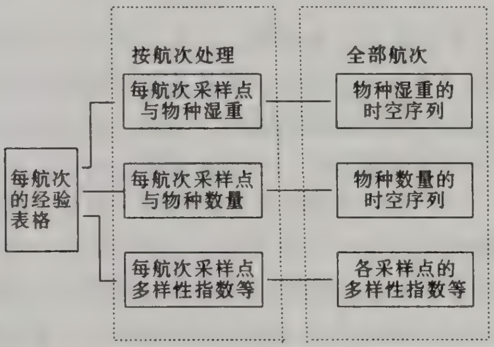


图1 实测数据流程

3 系统功能

依据图一的数据流程设计软件系统时，采用面向对象的4GL语言技术产生源代码（数据库的或窗口平台的）的独立运行的软件系统，并嵌套上POXPROW提供的系统菜单。因此，

---

* 蔡淇松等，待刊

本系统易于移植或修改。实现实测数据的经验的与计算机的两种管理模式“平滑”衔接，满足数据自动过渡需求，系统设计考虑要点是：

（1）自动设计经验表格数据库结构：各个航次的经验表格结构间的差异在采样点的数量与时空坐标的不同，为此，采用以记录录入采样点时空坐标方法去录入全部采样点，自动建立相应航次的数据库结构，这样就简化经验表格数据库的结构设计过程为输入记录操作。并且，对数据库中相同的字段结构的属种名称等字段则按照统一要求设计，为实现生物学统计、实现数据流程提供必要的保障。

（2）经验表格数据库物种名称的录入采用“增量法”实现质量控制（陈虹勋等，1997）：由于缺乏数据完备的、标准的浮游物种代码系统提供使用，不利于录入数据质量控制。当对各航次书写格式不一致的物种名录入时，误认为不同物种来输入的情况时有发生。为此，采用准物种库（类似编目库）与实测库联合操作录入物种名称，操作时对需要录入物种名称，先在准物种库中模糊查询拼写形式接近的物种子集，若子集中有该物种名则将准物种库数据输入实测库中，否则将该物种名全称等作为“新种”分别输入到准物种库和采集库中。因此，准物种库会包含了“全部”实测物种；实测库正确记录海洋生物种名录，实践表明，这保障了物种名称录入的正确性。

（3）对录入的实测数据自动进行基本生物学统计，并采用 Shannon-Wiener 方法自动计算各采样点生物多样性指数、均匀度等基本物生多样性分析，体现电子化数据处理的优势。

（4）将经验表格数据库的数据，按时空序列要求自动追加入空间数据库内，满足空间查询的基本要求*。

（5）系统具有数据库的一致性完整性、安全性与故障恢复等数据库的基本特征，解决微机数据库不易实现的问题。系统还采用数据录入修改权限控制、数据备份与恢复方法等保证数据安全。

（6）支撑系统的硬件软件环境简单，要求 386 以上微机、WINDOWS 平台和 FOXPROW 软件，本系统包括 FOXPROW 的系统菜单、电子化的说明文件与技术资料等。

系统在采用图标进入，包含 3 个部分的功能模块：本系统设计的菜单；FOXPROW 提供的系统菜单和本系统说明文件。具体是：

★系统管理：权限管理、浏览（航次、名录、采集、空间）库、数据备份（基本加、采集库、空间库）与恢复、库容统计（基本库、采集库、空间库、全部库）、系统初态、返回 FOXPROW、退出 FOXPROW；

查询模块：查询航次、物种、采集数据、空间等数据库和查询统计数据库、多样性数据库；

输入模块：种名录库、航次数据库、建立采集库、输入实测数据、生成空间库、空间库汇总；

报表模块：生物学统计、多样性统计、经验表格、种名录、航次表、统计图表；

★FOXPROW 系统功能：POXPROW 系统主要功能（汉字方式）加入本系统；

★帮助模块：本系统说明、使用方法、系统简介等

权限管理是对数据库的备份与恢复、数据输入模块的授权，防止误操作对实测数据库产

* 蔡淇松等，待刊

生灾难性结果；航次数据的输入修改意味着经验表格的多个实测数据库结构的变更，但程序能保留库中已经录入各采样点实测数据等；实测数据的生物学统计与测站的多样性统计自动进行；总空间库适合空间查询的设计要求。下面以一个航次数据采集录入过程为例，介绍操作流程（图2）。

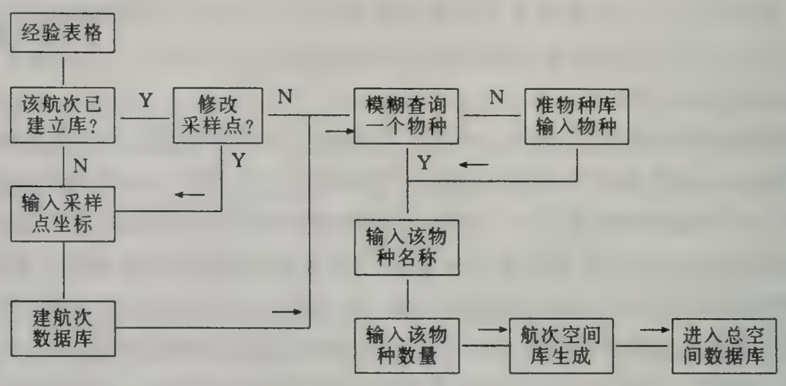


图2 一个航次数据录入框图

①从航次库查询该航次站位数据是否合符要求，如果合符要求则转入输入实测数据，否则输入或修改航次的站位（航次数据）；

②建立采集库。修改航次站位数据则意味着采集库结构自动修改，会保留已经录入数据；

③输入该航次实测数据，首先按照“增量法”输入物种名称，然后输入其实测数据值；

④输入数据完成后，程序自动产生生物学统计数据和多样性数据库；

⑤生成空间库后，空间库汇总；

本系统的其他功能，可以按照对系统菜单理解进行操作，恕不作介绍。

4 结论

1）实测数据录入是海洋科学综合数据库基础，为实现电子化数据管理，首先要求将通常的海洋浮游生物实测数据管理方式，转变为向计算机管理模式过渡时具有“平滑”性。这是海洋生物调查的实际需要，是信息系统的应用不可忽视的。

2）数据库程序能解决海洋浮游生物实测数据管理的这个过渡变化的需要。系统设计者认真考虑海洋生物调查的实际需要和电子化的数据管理特点，是可以解决好类似的“平滑”过渡问题，满足信息系统的需求。

参考文献

李正男（主编）.1995. 信息高速公路. 北京：电子工业出版社

陈虹勋等. 1997. 海洋分类数据录入质量控制的一种方法. 见：陈宜瑜主编. 生物多样性与人类未来——第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集. 北京：中国林业出版社，449～454

蔡淇松等. 关于生物多样性信息系统的问题与建议（四）. 界面与空间查询. 生物多样性，待刊

A DATA DISPOSAL SYSTEM FOR TEMPO-SPATIAL DISTRIBUTION OF MARINE PLANKTON AT SPECIES LEVEL

Cai Qisong, Chen Hongxun
(South China Sea Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301)

Sampling and analysis as well as identification of plankton according to marine investigation. Based on the number of voyages, the system will build normal database automatically and realize data quality control; conduct auto-make basic biological or biodiversity statistics and auto-manage data by space and time, which can satisfy space query demand. Traditional plan table data management model on basic of marine investigating data management experience can be transferred to computerizing data management model.

Key words: Marine plankton data collection, Database, Biodiversity information system

植物标本数据库与生物多样性研究*

李鸣光[1]　缪汝槐[1]　Xu Zhaoran[2]

([1] 中山大学　生命科学学院，中国广州 510275)

([2]Bilingual Computer Engineers，P. O. Box 710，Oakton，VA 22124－0710，USA)

摘要　植物标本是研究一个地区的植物种类组成、分布历史及其现状的实物资料，是多样性研究中的原始数据源，其重要性是其他各种文字记录所不能取代的。但由于直接调阅标本并从中获取资料耗费巨大，大量的标本信息资源并未得到充分有效的开发和利用。以电子数据形式存储植物标本资料，使标本资料与标本实体分离，加上相应的查询系统，是使植物标本得到充分有效利用的途径。

关键词　生物多样性 植物标本 数据库

地球上数十万种植物本身是生物多样性的重要组成部分，它们同时为其他绝大多数非自养生物提供生命活动的环境和赖以生存的能量源泉。我国的植物种类丰富，对我国各地的植物种类组成及其现时和历史分布的了解是生物多样性研究中的重要内容之一。

1　植物标本是生物多样性研究中重要的数据源

生物多样性的研究内容极其广泛，而作为生物总体中重要组分的植物的种类组成、各个植物种的历史和现时的分布及其数量等是分析研究的重要对象。植物标本正是进行这一分析研究时可信度极高的基本资料。

植物标本本身和以标本为载体所记载的标本采集时间、地点、生境、该植物种在当地的丰富度等相关资料是生物多样性研究中丰富的原始数据源。在已作过充分采集的地区，能从标本资料中获取完整的植物种名录，是作为评价该地区植物种类多样性以及编目的重要依据。

近半个多世纪以来，随着世界人口的剧增、生产和各类经济活动的加速，使许多地区的植被经历了深刻的变化：大面积种类丰富的天然原生群落已被次生群落、人工群落、人工建筑所取代，许多植物种个体数量减少、分布区缩小且破碎化，沦为濒危植物种，部分植物种在某些地区消失，而曾在该地区采集到的标本以实物形式记载了有关的植物种在当地历史上的存在，加上采集人在当时当地的观测记录，是其他各种文字记录所不能取代的。它们真实地反映了该种的分布和变迁，对在多样性保护中备受重视的植物种濒危等级的确定和稀有种类的研究更具有现实意义，并可为在该地重新引入已灭绝的植物种提供依据。

---

* 国家自然科学基金资助项目（39670062）。

中国是世界上植物种类最丰富的地区之一。广州于1912年建立我国第一个植物标本馆，为中山大学标本馆的前身，其馆藏标本中最早是于1821年采集的。经过几代中外植物学工作者不懈地努力，我国绝大多数的植物种已被采集定名。我国现有1 600多万份植物标本（傅立国，1993），已经为多样性研究准备了丰富的基本素材。

2 植物标本量的增大导致其有效利用率相对降低

目前世界上约有植物标本2亿份（Holmgren等，1990）分藏于约2千个标本馆，中国拥有1 600多万份标本（约占世界上植物标本的1/13）分藏于全国各地的标本馆。这些植物标本馆形成一个大型的原始数据源。

总的来说，标本量越多，采集覆盖面就越广，为各项研究所能提供的原始材料就越丰富完整，但是却突出了标本量大与标本资料利用率降低的矛盾。首先，植物标本是不可再生的资源，调阅标本总是有损坏标本的可能性，而标本一经损坏就无可挽回，因此各标本馆所重点保护的模式标本及年代久远的标本，除了因特殊需要外一般不予调阅；其次，馆藏量大的植物标本馆的绝大多数标本的归档，或先以大区域分类再按某个植物分类系统归档，或直接按植物分类系统归档，基本上都不以某一特定地区归档，这与多样性等研究中常以某一特定地区为对象不一致。因此，如果要查阅某一特定地区的所有标本，就几乎要翻遍整个标本馆。再有，大量的标本分藏于各地的大小不等的植物标本馆中，使要调阅某一特定研究地区所有的标本的愿望，绝大多数终因财力不能支持而被放弃。

由此可见，大量的实际研究工作只能调用数量有限的标本，大量的标本及以标本为载体的各种数据资源未得到充分有效的开发和利用（李鸣光等，1995），多样性研究中就常以植物志或某一地区的植物种名录等非第一性资料作依据。但是，植物种名录并不反映该种植物的多寡，也难于反映该种分布的历史变迁。

3 将标本资料电子化及建立相应的数据是解决矛盾的关键

对于包括诸如多样性等的大多数研究工作，并不是要对已被分类学专家鉴定的标本重新作鉴定或对标本记录中的各种资料的正确性重新作评价。只要能获取标本植物种名以及各种以标本为载体的现有数据，就不需要调阅标本自身。因此，将标本及以标本为载体的原始资料提取转换为与标本的实体分离的数据，使调阅资料的过程与调阅标本分离，从根本上避免标本的重复调阅，是解决植物标本量的增大与其有效利用率相对降低的矛盾的关键。

60余年前Grassel（1936）设计了用机械检索打孔卡提取数据的方法，但未能在实际上得到应用。直到电子计算机及其相应软件的迅速发展，得以将标本资料电子化使标本资料与实体分离，为解决问题创造了条件。

但是，要完成标本资料电子化的工作耗资巨大。首先是标本量巨大，其次是数百年来不同地区的不同采集者所作的采集记录方式不尽一致，而标本标签上大量的手写字体的辨认又常依赖于植物学背景知识，因此对录入员有较高的要求，这大大增加了标本录入所需的费用。

标本资料电子化势在必行。世界上许多规模较大的植物标本馆都在努力将它们的植物标本资料电子化，为了降低成本，美国有些标本馆将标本摄成电子图像后通过互联网寄至第三

世界，由第三世界的录入员录入后再寄回原标本馆（Haynes，1998，私人通信）。

规模较小的中小标本馆以馆藏地区性的植物标本为主，是研究该地区的物种多样性的重要数据源，但它们常因标本量相对较少而未受到应有的重视。以电子数据的形式记录资料，易于传递，消除了以往为取得资料所必须跨越的地理障碍，因此能够将这些分散的资料集中起来充分利用。美国东南部和西部地区的各小型标本馆分别建立的联合共享标本数据库（Macrander 和 Haynes，1990；Haynes 和 Xu，1995）是这一方面的尝试。

为了提取电子数据资料，必须有相应的作为人机界面的数据库查询系统供研究人员操作，使数据库能向研究人员提供所需的资料。随着计算机硬、软件的发展，数据库所用的平台不仅种类繁多，也不断升级变换，常见的有早期的 dBase 和 Foxbase、少见的有 AREV（Advanced Revelation），直至当前的 Access 及 Oracle、Paradox 等。其功能不断加强，存贮的资料也从单纯的文字扩展到声像等；资料也从单机中获取发展到可以从互联网上获取。这一历史反映了软件及其所支持的数据库是不断发展的，相应地，对由实物标本转换成的电子数据的格式也必须作相应的修改，以符合新的系统。但是，数据格式的改动并不改变数据的基本内容，数据的基本内容是相对永恒的。

4 现有的植物标本馆的标本数据库

由大标本馆建立的或由多个中小标本馆联合建立的标本资料数据库，为标本数据电子化作出了贡献，但至今尚未有完成录入其所有馆藏标本的标本馆。除标本数据库外，尚有大量关于植物种的分类、系统及其文献的数据库。

已收录标本最多的数据库是美国密苏里植物园的 TROPICO，经过 20 年的不懈努力，现已收录近 130 万份标本资料；美国史密森研究院的植物标本数据库（Shetler 等，1973）经过 30 余年的发展，也已收录了约 100 万份标本资料。它们成了大标本馆标本数据电子化的成功的范例。美国宾夕法尼亚州 Carnegie 博物馆的标本数据库始于 1991 年，现已录入近 20 万份标本资料。南非的 PRECIS 数据库（Gibbs－Russell，1989）也录入了大量植物标本资料。

由美国阿拉巴马大学牵头的美国东南部地区各小型标本馆的植物标本信息系统 SERFIS（South Eastern Regional Floristic Information System）起始于 80 年代末，由美国加利福尼亚州大学 Berkeley 分校牵头的美国西部地区加利福尼亚植物标本馆标本管理系统 SMASCH（Specimen Management System for California Herbaria）起始于 90 年代初，都致力于建立中小标本馆共享数据库，以及致力于数据库的标准化及网络化的工作，它们树立了中小标本馆数据电子化的典范。

英国爱丁堡皇家植物园的 PANDORA 于 1986 年开始研制，经过十多年不断的改进，现已成为可包含由标本采集到文献资料几乎无所不包的应用软件（Pankhurst，1993）。

中国科学院华南植物研究所在 1995 年作了建立植物标本馆数据库的尝试；北京植物研究所等近年来组织一些标本馆建立标本数据库，取得了成果。

在国家自然科学基金和美国科学基金的资助下，中山大学植物标本馆于 1994 年与美国阿拉巴马大学合作研制植物标本数据库，中山大学的部分标本数据已于 1995 年并入 SERFIS 供网上查询（李鸣光等，1995）。1997 年，在国家自然科学基金的资助下，中山大学与广西植物研究所标本馆联合研制共享标本数据库，为了适应当前我国各标本馆仍以个人电脑为主的情

况，数据库是在个人电脑基础上并以微软公司的 Access 数据库软件为平台开发的，利用互联网交换数据。数据库不仅包含了标本鉴定历史这一重要内容，同时解决了因鉴定日期不完整使计算机无法识别鉴定先后顺序的问题；对于如沉水植物标本中由于采集时个体分离困难而带来的多个植物个体装订于同一张标本台纸上，而在随后的鉴定中又因不同的鉴定者对台纸上植物种的个数和学名所作出的不同鉴定，都能在本数据库如实地记录下来。数据库现已录入近 10 000 份标本资料，所开发的标本数据库查询系统能迅即提供某一地区所有已录入的植物标本的种名录，提供某个植物种所有标本的采集地和采集时间；部分经节选的数据已上网供简单查询。

5 结语

植物标本数据库以电子形式将植物标本资料与标本实体分离，不仅减少了以直接调阅植物标本来获取信息的必要性，减少了标本的损耗，同时能够将各大、中、小标本馆的数据资源汇集在一起，为取得某一特定地区的植物种名录、某个植物种现时及历史上的分布特征等提供简便高效的工具。但是，使植物标本电子化耗资巨大，纵观世界上成功的标本数据库，无一例外地是长时间逐渐积累的结果。当前，我国植物标本资料电子化程度还很低，为了彻底改变这一状况，必须充分调动人力物力作长期不懈的努力，使植物标本的丰富资料充分有效地为科研、决策、教育等服务。

参考文献

陈涛，陈都，吴德邻．1995．植物标本采集标签计算机印制数据系统．热带亚热带植物学报，3（2）：90～92

傅立国（主编）．1993．中国植物标本馆索引．北京：中国科学技术出版社

李鸣光，Xu Zhaoran，关朵霏，R. Haynes，张宏达，任善湘，Du Xuemei，谢庆建，石涌岭．1995．植物标本汉英双语数据库管理系统的概念和实践．中山大学学报（自然科学版），34（4）：76～81

Gibbs－Russell，G. 1989. The PRECIS computer system and its applications for the flora of southern Africa. In：Morin *et al.* (eds.). Floristics for the 21st Century. 11～22

Grassel，C. 1936. Visualizing our herbaria by the application of mechanical method of tabulation and indexing. Museum Journal，36：373～384

Haynes，R.，Z. Xu. 1995. SERFIS，a regional approach to herbarium database management. The ASB Bulletin，42（2）：144

Holgren，P.，N. Holgren，L. Garnett（eds.）. 1990. Index herbariorum

Macrander，A.，R. Haynes. 1990. SERFIS：a methodology for making multi－herbaria specimen database a reality. Taxon，39（3）：433～441

Pankhurst，R. 1993. Taxonomic Databases：the PANDORA System. In：Fortuner，R.（ed.）. Advances in Computer Methods for Systematic Biology. 229～590

Shetler，S. 1973. The botanical type specimen register. In：Setler，S. *et al.*（eds.）. An Introduction to the Botanical Type Specimen Register. Smithsonian Contributions to Botany，(12)：1～25

PLANT SPECIMEN DATABASE AND BIODIVERSITY RESEARCH

Li Mingguang[1], *Miao Ruhuai*[1], *Xu Zhaoran*[2]
([1] Life Science School, Zhongshan University, Guangzhou 510275)
([2] Bilingual Computer Engineers, P. O. Box 710, Oakton, VA 22124—0710, USA)

Plant specimens provide vital data of the species composition and the present and past distribution of a species in a particular area. It is not replaceable by any other written documents. This information, however, has not been fully exploited due to the excessive effort required to gather the specimens and to abstract information from them. The use of electronic data and its query system separates the process of acquiring data from physically accessing the specimens, and enables fully utilization of the information embedded in the specimen.

Key words: Biodiversity, Plant specimen, Database

植被分类与生物多样性主题信息标准的研究

桑卫国　马克平

（中国科学院植物研究所，北京　100093）

摘要　中国是世界上生物多样性最丰富的国家之一，在多年的调查、研究和保护工作中，已积累了大量的数据资料。如何有效地利用这些数据是我们在生物多样性管理和应用过程中的现实任务。

本文讨论了与生物多样性有关的植被分类信息，讲述了与陆地植被分类有关的土地利用方式和土地覆盖分类等问题，特别强调了农业土地分类系统和林业中土地利用和森林资源监测所需的植被分类系统，并给出了国际国内应用广泛的植被分类系统概况和评述。

关键词　生物多样性　主题信息标准　植被分类系统

1　概要

陆地植被分类主要是为了满足作图（如植被分布图、森林分布图等）和统计分析（植物资源调查、森林资源调查和评价等）的需要。

由于植被分类的目标和范围不同而产生了不同层次的分类单位，一般来讲，分类单位越大通用性越强，越小则专用性越强。

农业、林业和环境保护等部门在实际工作中都需要土地分类方面的数据来作计划。环境部门在进行保护区设计时，必须掌握保护区设置地区土地利用方面的情况。在作全球变化研究中，也必须确定现实植被的覆盖状况。

本文讲述与生物多样性有关的植被分类信息的收集、管理和转换标准问题，内容包括数据分类系统、核心数据收集以及与数据获得有关的术语、定义和数据模型。

从生物多样性管理的角度来看，掌握土地利用方式的变化和土地覆盖物类型变化情况的数据，以便及时准确地了解土地现状是非常重要的。土地变化分为土地利用类型的转化和土地覆盖状况的变化，前者包括湿地排干、毁林、农用地弃荒和土地荒漠化等；后者包括林地择伐、农用地集约化经营和林地破碎化等。

土地利用方面的信息种类和范围多样，有数值信息、文字、图片、图像和地图等，范围分全球水平、大陆水平和国家水平，在国内有全国、大区、省、地区和县级分类，可以满足不同层次研究者和决策者的需要。

以下简述土地调查的类别和定义。

表1 不同水平的森林监测需要的基本信息类型

因子	地方资源研究	国家森林调查	区域/全球性监测
	重要性（***高；**中；*低）		
土地使用	***	***	***
土地覆盖	***	***	***
土地退化	***	***	**
立地类型	***	***	**
土壤类型	***	***	**
地形	***	**	**
权属	***	**	*
易利用性	***	**	*
生物量	***	***	***
蓄积	***	***	**
其他林产品	***	***	*
生物多样性	**	***	***
森林健康	***	***	***
野生生物	***	**	*
人类影响	***	**	**
水源涵养	**	**	**

土地利用调查工作是查清土地数量、质量、分布和利用现状，以及掌握它们动态变化的信息和规律的一项技术措施；土地调查包括土地数量调查和土地质量调查，土地数量及其分布、利用状况的调查是通过土地利用现状调查进行的；土地质量调查主要通过土壤、地貌、植被、水文、地文、地质，以及气象、农业和林业等专业调查来完成的。

土地调查收集材料的技术方法很多，主要有地面观测法、普查研究、航空和航天遥测等。由于土地调查部门功能的差异，各个部门由于调查目的和采用技术不同，因而采用的分类系统和标准有很大的差别，这些依据多种分类系统而获得的数据兼容性很差，但至今仍没有一个各部门都能承认、应用范围广的分类标准。

2 核心数据需求

为了评价植被和土地利用监测的核心数据需求，1992年11月国际林业联合会发布了监测全球森林资源的国际指南草案（IUFRO，1992），该指南的目的是："通过合作，促进森林监测所收集和汇总的数据标准化和兼容性，为研究和管理提供一个共同的数据库"。

国际林联确定了3个监测水平：地区的、国家的和全球的。在全球范围内，森林的面积、碳储量、生产力、森林变化率和森林的质量是各个阶层关心的主要问题，表1和2提供了对森林监测共同的数据需求（IUFRO，1992）。

为了有效地监测和合理地规划利用植被资源，中国涉及到土地利用的部门提出了在本部门内进行土地调查和信息利用所需的基本数据。《草地生态学研究方法》（姜恕，1988）一书中提出了草地植被调查所需的核心数据，并指出提供该模式的目的是为了使不同的研究人员，不同的地区以及同一地区不同时间的研究结果具有可比性。用这种方法所得数据主要用于地区水平上的植被分类和环境变化监测。

表 2　土地利用、森林状况、生物量和环境质量监测需要的基础信息

	土地利用	森林	生物量	环境质量
概况				
位置坐标	*	*	*	*
海拔	*	*	*	*
季相	*	*	*	*
地面位置	*	*	*	*
观测年度	*	*	*	*
土地分类				
土地利用等级	*	*	*	*
土地覆盖等级	*	*	*	*
植被类型	*	*	*	*
郁闭	*	*	*	*
植株历史		*	*	
树木				
物种		*	*	*
高度		*	*	*
胸径/冠径		*	*	*
年龄		*		
树干状况				
圆木大小		*		
木材质量		*		
树冠状况				
树冠直径			*	*
树冠长度			*	*
叶面积			*	
落叶		*		*
生物指标				*
损害评估		*		*
树木年代学				*
林下植被		*	*	*
叶子化学特性				*
土壤生产力指标	*	*		*

中国森林资源的监测和调查已形成网络化，称为森林资源调查和监测体系（游先祥，1995），该体系分为 3 个层次：国家森林资源清查体系又叫一类调查，以行政区划的林业局和次一级的林场为单位；省级森林资源调查又叫森林经理调查或二类调查，以林班为单位；林业局级森林调查又叫做伐区调查或三类调查，以小班为单位。每种调查的核心数据不同，每种都有特定的数据格式要求（林业部调查规划设计院，1984）。

3　分类系统的发展

当今世界的环境问题越来越紧迫，作为环境构成要素之一的植物受到了严重的破坏，为了有效地调查和精确地监测这种状况，植被的分类和区划就显得很重要。

中国从 1959 年开始了植被区划和分类工作，并确定了植被区划的原则分类标准（吴征镒，1980），经过了近 30 年的反复实践和修订现已完善，其中确定的植被区划原则为：

（1）根据地势和季风的影响，把全国植被首先分为几个大区；

（2）植被区划的第二级采用植被地带性原则，地带性包括 3 个组成部分：①纬度地带性；

②经度地带性；③垂直地带性；

(3) 以植被的特征组合，优势种、地形、中气候、土壤、植被发展阶段的相似性和相异性作为区划的标准；

(4) 因为各个局部区域的情况不同，所以区划所依据的因素也不同，其中以植被组合、优势种、中气候和土壤等为主要因素。

中国植被的分类单位主要有3级，即植被型（高级单位）、群系（中级单位）和群丛（基本单位）。每一级分类单位之上，各设一个辅助单位，即植被型组、群系组和群系丛组。此外，根据需要在每一级主要分类单位下设亚级，如植被亚型、亚群系等，以作为该级分类单位的补充。

美国联邦地理数据委员会（植被分会）(Bones，1993) 确定的分类原则为：

(1) 以现实植被作为分类的基础；

(2) 分类应普遍适用；

(3) 尽量与其他国家的土地利用系统兼容；

(4) 按层次设计分类系统；

(5) 系统应按从一般到特殊的方式组织（从上到下）；

(6) 尽量使用新技术（按数字卫星材料）；

(7) 必须精确定义所有类型；

(8) 分类必须在时间和空间上可重复；

(9) 类型必须有排它性，加总区域为100%；

(10) 设置百分率最小的标准；

(11) 尽可能利用标准术语（意义上清晰、简单、不引起偏差）；

(12) 与利用要求相对应。

联合国环境规划署和世界野生生物保护组织于1993年提出了全球植被的分类原则，认为最好的分类系统应当是多层次的，每个层次又分为不同的水平，各个水平可以以不同的方式组合以便获得所需要的分类类群，各个层次可以按现实植被（结构，组成或物候资料）、自然环境条件（如气候、土壤、地形），植被的功能（自然资源的利用），历史资料（自然作用和人为影响）而分为不同的组。

许多国际机构已制定计划，以协调土地利用和土地覆盖分类标准，1993年11月在国际上由UNEP和FAO (Schomaker，1994) 召集召开了一次专家会议，会议讨论了大尺度上土地利用和土地覆盖类型划分协调问题。会议认为在许多调查规划开始时进行合作能促进信息交换，避免将来数据传递过程中出现不兼容问题。该会议发起了两个项目：

(1) LUCLASS·NET项目，长期目标是建立土地利用概念、定义及分类，最后使它们在世界范围内得到承认；

(2) 建立现有土地利用分类系统和术语定义的统一翻译格式计划，但并不要求统一的分类系统。

新技术也影响数据存储和处理方式，进而也影响着分类系统。以前的植被调查成果大都是以制图的方式反映出来，但计算机的出现，特别是地理信息系统的发展，这些图形将来都会输入到地理信息系统中，来绘制能满足各种需要的图。这样就使得植被分类有了很大的灵活性，使用系统中叠加的方法，植被和属性可以被叠加或分解，产生适合多种目的分类。在

计算机技术的辅助下，可把植被分类系统按属性合乎逻辑地分组，如外貌组、物候组、植物组、气候组等。

与植被分类有关的问题：

（1）所有植被都按环境条件的变化梯度状况呈连续分布，但要注意在植被连续变化过程中存在许多不连续的植被镶嵌体；

（2）数据采集方法和数据内容决定了所得到分类系统的适用范围；

（3）各种分类方案中名称差别很大，例如，同一个名词在不同方案中表示不同的植被类型，不同的名词表示相同的植被类型；

（4）分类方案的变化问题，如中国从1959年开始进行植被区划，现已改变多次。

4 分类系统

中国自20世纪80年代末已建立了土地分类、土壤利用分类及植被分类方案，这些方案分全国层次和地区层次的，与国际上通用的分类标准一样，大多数系统依据如下的特征：

（1）外貌：以植被的空间尺度、生长形态和盖度等特征为基础。如UNESCO（1973）把外貌标准用于遥感植被分类中。许多分类系统中绝大部分属性是以外貌为基础的。外貌为植被的显著特征，人们比较容易区分茂密的原始森林、次生林林地、灌丛和稀树大草原（FAO，1989）；

（2）结构：以树种组成、年龄和空间结构作为植被分类的依据。植被的结构特征是所有野外测定研究中必须收集的一个数量特征，以结构为依据可获得数量上的标准；

（3）生物气候：以该地区盛行的气候（气候空间）为分类依据，而不管现在实际植被的状况（Holdridge，1967）；

（4）季相：主要以树木叶子的特点作为依据，把植被分为针叶、阔叶、常绿和落叶等；

（5）优势种：以植被中占优势植物的种类作为分类命名的根据；

（6）目的：以人工经营管理目标作为分类依据，如人工牧草草地、粮田、草地、饲料地、经济林、用材林及薪炭林等。

许多植被分类方案中有的以其中一项特征作为分类依据，有的以其中几个特征作为依据。在土地分类和土壤分类时还有其他指标，如土地利用类型、干扰特征、土壤特点和能影响植被盖度的地质因子等。

所有的分类方案用同样的标准并不能很好地分类。例如，2个植被类型的外貌可能相似，但种类差别很大，因而在这种情况下用物种组成比用外貌合适。

在植被分类过程中，有两种方法：一是依据可能植被或称潜在植被，这个指标是根据环境条件作出的预测，这种方法较容易实现；另一是依据现实植被，由于技术、经费等原因，这种方法很难进行。

现列举几个国内的土地、植被和森林利用分类方案。

《中国植被》的分类系统是国内应用最广泛的植被分类系统，从1980年该书出版后，其分类体系得到全国承认。

中国全国土地利用现状分类体系于1980年初草拟，后经有关部门和专家讨论修改，写入《土地资源调查》和“土壤普查技术规程”中，经试点和征求意见，中国全国农业区划委员会

和土地资源调查专业组于1981年7月提出了《土地利用现状分类及其含义》(草案)，规定全国土地利用现状采用两级分类，分为11个一级型，48个二级类型。3年后，全国区划委员会和农牧渔业部于1984年完善了《土地利用现状分类及含义》，并作为一章写入《土地利用现状分类》中（全国农业区划委员会，1984）。

林业部调查规划院，在《中国山地森林》一书中，以影响森林分布和生长的自然因子同时也考察到林业经营的实际要求，将中国森林共划分为25个林区（林业部调查规划院，1981）。

全球范围内的植被分类方案包括：北美景观特征分类系统（EPA，1993)、CORINE土壤覆盖分类系统（CEC，1993)、IGBP-DIS全球土地覆盖分类系统。

5 数据定义和模型

每种分类系统都有自己特定的定义和模型，数据定义的例子可见IGBP-DIS全球土地覆盖分类系统。另外FAO开发了它们自己的土地分类系统，国际林业联合会也开发了森林类型系统（IUFRO，1992)，许多国际组织和国家都在建立土地类型的分类标准。

6 讨论和结论

植被分类系统是一个较古老的科学命题，经过近100多年的发展，到目前为止已经基本形成了自己的体系，但随着计算机科学的发展和植被信息处理标准化的需要，对植被分类方法和分类系统在通用的基础上进行改进就非常有必要。综合来看，北美的分类系统影响较广，是现在国内外广泛应用的事实上的标准，国际上的一些组织如FAO、IUFRO等的植被分类方案与北美的基本相同。

植被分类在生物多样性信息系统建立过程应用中的一个最主要的问题是如何把定性的分类体系标准化，这方面的问题是许多分类和信息处理专家目前研究的焦点，这个问题解决的好坏会直接影响到生物多样性信息系统的建立及建立后应用的效果。

中国植被分类学家经过多年的努力和在借鉴国内外研究的经验的基础上，现已形成了自己的植被分类体系，并在实践过程中应用了许多年，经过反复讨论和改进现已基本完善。但随着信息处理计算机化的程度越来越高，迫切需要我们来改进这种分类体系，以适应目前和将来的需要。

参考文献

姜恕等.1988. 草地生态研究方法. 北京：农业出版社

全国农业区划委员会《中国自然区划概要》编写组.1984. 中国自然区划概要. 北京：科学出版社

林业部调查规划设计院（主编）.1981. 中国山地森林. 北京：中国林业出版社

林业部调查规划设计院（主编）.1984. 森林调查手册. 北京：中国林业出版社

游先祥.1995. 森林资源调查、动态监测信息管理系统的研究. 北京：中国林业出版社

吴征镒（主编）.1980. 中国植被. 北京：科学出版社

Bones, J. T. 1993. Report for consultancy on forest definitions and classifications to be employed for global forest resources assessment, 2000. In: Proceedings of RAO/ECE Meeting of Experts on Global Forest Resources Assessment-Kotka Ⅱ, Finland, 3-7 May 1993 Nyyssonen, A. (Ed.) The Finnish Forest Research Instiute. Research Papers 469, Helsinki. 175～194

CEC, 1993. Corine Land Cover-Guide Technique. Office des publications offcielles des Communautes europeennes. Luxembourg

EPA. 1993. North American landscape characterization (NALC) -research plan. prepared by remote and air monitoring branch environmental monitoring systems Laboratory. Las Vegas, Nevada. EPA/600P/93～135

FAO. 1989. Classification and Mapping of Vegetation Types in Tropical Asia. Food and Agriculure Organization of United Nations

Holdridge, L. R. 1967. Life Zone Ecology. San Jose: Tropical Science Center

Townshend, J. R. G. 1992. Improved global data for land applications, IGBP report number 20. IGBP UNESCO. 1973. International Classification and Mapping of Vegetation. Ecology and Conservation 6, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). Paris. 92

RESEARCH ON VEGETATION CLASSIFICATION AND THEMATIC INFORMATION STANDARD OF BIODIVERSITY

Sang Weiguo, Ma Keping

(Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

China is one of the countries with mega-biodiveristy in the world. A tremendous amount of data and information about biodiversity in China have been collected and maintained through the activities of biodiversity conservation in last decades. How to effectively utilize these date is an urgent task at the moment in biodiversity data management and information network in China.

The information of vegetation classification related to biodiversity was discussed in this paper. Problems of land utilization and land cover pertaining to treeestrial vegetation classifications were reviewed, especially the essential vegetation classification system to agricultural land use, forestry land utilization and forest resource monitoring. Finally also the vegetation classification systems that are widely used internationally and domestically were discussed and reviewed.

Keywords: Biodiversity, Thematic information standard, Vegetation classification system

GIS 技术在保护区管理中的应用

解　焱

（中国科学院动物研究所，北京 100081）

摘要　本文主要论述了保护区 GIS 的建立过程，并就目前保护区 GIS 建设过程中存在的问题提出一些建议。特别针对保护区存在的严重忽略 GIS 技术在生物多样性编目、监测和分析中的应用问题，提出了相应的对策。

关键词　GIS　保护区　生物多样性

1 前　言

地理信息系统（GIS —— Geographical Information System）是建立在地球科学和信息科学基础上的边缘科学，是地理学、地图学、计算机科学、遥感等涉及空间数据采集、处理和分析的多种学科与技术共同发展的结果。GIS 把这些技术与学科有机地融合在一起，并与不同数据源的空间与非空间数据相结合，通过空间操作和模型分析，提供对规划、管理和决策有用的信息产品。它萌芽于本世纪 60 年代初，90 年代以来得到了空前迅速的发展，世界各地的政府部门、商业机构、学术团体已广泛地采用 GIS，GIS 已经成为一大型的工业部门，逐渐成为社会经济体系中运行的一个部分。发达国家和新兴工业化国家大多已建立了本国统一、规范和广泛共享的国家基础地理信息系统，积累了相当规模的数字化专业空间信息，多种形式的数字化地理信息产品广泛进入市场，相关的 GIS 产业已成为信息产业中的一个重要的分支。GIS 的应用已经替代了一系列传统的信息管理、决策模式，在资源环境管理、农业估产、自然灾害防治、交通通信系统设计和管理、城市规划管理、经济决策以及商贸等各个领域产生了巨大的经济和社会效益，提高了整个国民经济系统运行的有效性，其应用范围正随着国家信息网的发展迅速扩大。以美国为例，由 1：100 万至 1：2.4 万组成的基础地理信息数字化产品和大批专业地学数字化信息产品已进入市场，以相当低廉的价格提供用户使用，约 85%的联邦机构和 7 万多个地方政府机构使用 GIS，每年 GIS 的应用项目达 1 万多个。90 年代全球 GIS 产业以每年 15%～40%的速度增长，预计 2000 年其产值将至少达 500 亿美元，成为信息产业中市场前景十分广阔，又相对独立的新兴产业。（陈述彭，1992）

我国的 GIS 起步较晚，从 80 年代初方开始，但至今已取得了一些重要成果，如初步建成了国家地理信息系统 1：100 万数据库，并开始提供使用；一些在资源调查、规划和环境、灾害监测等方面的专业地理信息系统研制成功，并在应用中取得了显著的经济和社会效益；城市和地区地理信息系统发展迅速，开始在决策规划中发挥重要作用；一批我国自行设计的 GIS 基础软件研制成功，相继投入使用；一些技术规范、标准已经研究或发布实施；一批从事 GIS

开发、应用的人才、机构和高科技企业在实践中成长；地理信息系统产业化进程正在加速。(何建邦和蒋景瞳，1993)

但是在农业可持续利用、森林和野生动植物保护和管理中，GIS 技术还是相当新的技术。GIS 技术在野生生物和生物多样性的管理方面的应用面临严峻的挑战。野生动物天生的躲避和藏匿行为使我们很难在野外观察到；由于季节、食物、栖息地、光照和其他原因，野生动物常常处于迁移状态，使野生动物很难准确定位；森林有着复杂的水平和垂直空间结构（草本层、灌木层和乔木层等)。由于树冠的覆盖，树冠下植被和动物物种的情况很难在卫星和航空图片中体现；物种之间有着或强或弱的相关性，这种相关性影响着物种的组成和数量……。这些复杂的生物多样性特征导致数据收集、分析和模拟的困难，从而限制了 GIS 技术在生物多样性监测和分析方面的作用。

GIS 技术在中国生物多样性研究方面的应用更是处于起步阶段。保护区使用 GIS 技术已有一些不错的开端，但远远不能谈得上真正在保护区规划、管理，特别是野生生物资源调查、监测、分析和管理中发挥作用。

少数保护区已经建立了 GIS，据不完全统计，有长白山（森林火灾监控、生态旅游规划和区带划分)、梅花山（森林火灾监控系统、虎栖息地评估和区带划分)、神农架（区带划分)、卧龙（大熊猫栖息地评估)、盐城（丹顶鹤栖息地评估和区带划分）和西双版纳自然保护区（当地少数民族土地利用规划、砂仁种植土地利用评估）(Han Nianyong *et al.*，1997)。卧龙自然保护区利用 GIS 技术分析了大熊猫生境状况并为大熊猫的管理提供信息（Ouyang Zhiyun & Yang Zhiqiang，1996)。西双版纳创建了包括高程、保护区边界、保护区划分区带、植被等 30 个主题层的 GIS，涉及到生物多样性的有砂仁（*Amomum villosum*）的分布、亚洲象（*Elephas maximus*）群的活动范围和少数民族分布地。他们通过 GIS 的重叠分析发现，有一半勐养的热带雨林在保护区核心区以外（David welch and Jean Poitevin，1997)。GIS 在保护区开始应用是可喜的，但 GIS 技术要真正在中国的自然保护区生物多样性的管理上发挥作用，有些问题还值得探讨。

2 GIS 建立过程（图 1）

(David welch and Jean Poitevin，1997；Tomlinson Associates Ltd.，1994)

一个保护区的 GIS 的建立是个耗资巨大的工作，必须要认真规划设计，从长远考虑，以期长期发挥 GIS 在保护区管理、资源监测和持续利用方面的功能。GIS 建立费用将逐步得到回收并为保护区带来巨大效益。

(1) 规划　这是最终建立的 GIS 能否发挥最大作用的关键。来自保护区和当地相关部门的工作人员与国内外的 GIS 技术人员一起讨论需要的 GIS 信息产品，列出所有的潜在信息产品清单，从中选择优先急需的产品，并确定能够接受的预算和需要购置的相应设备和软件等。

(2) 基础设施购进

硬件：电脑、工作站或微机。随着 Windows NT 版本的 GIS 应用软件的上市应用，价格昂贵而软件与普通微机不兼容的工作站对保护区来说成为不十分必要的选择。P586，32M 内存和较大的硬盘（2G）配置的普通微机即可运行 Windows NT 版本的 ARC/INFO 和 ARC/VIEW。对于较大的数据处理工作，需要更高的配置，特别是要求硬盘较大，因为 GIS 数据可

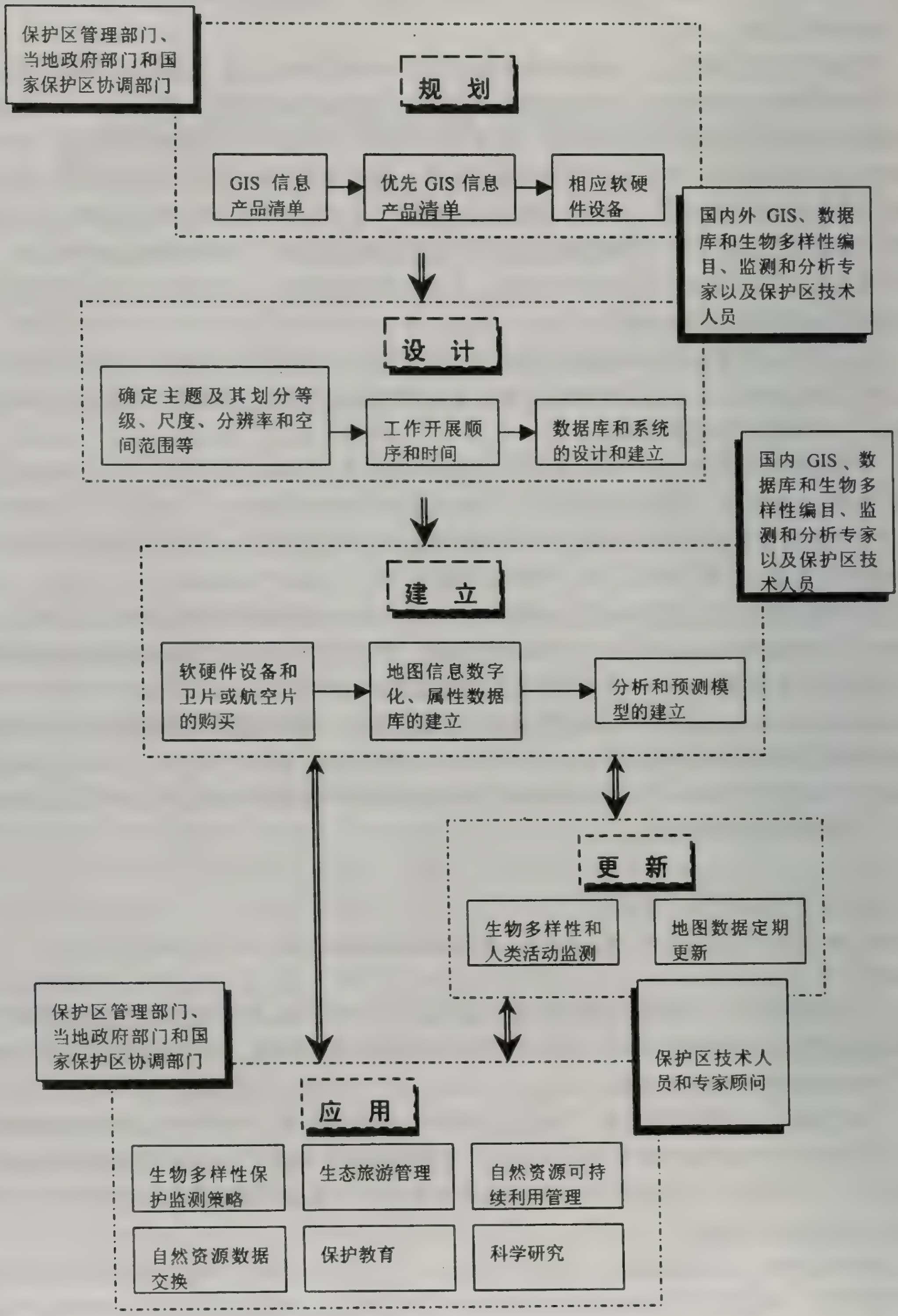


图1　保护区 GIS 建立过程示意图

占据大量的空间。PC 版本的 ARC/INFO 和 ARC/VIEW 要求配置可以更低，不过软件功能受到较大限制。

软件：除常规软件外，需要 GIS 软件（最常用的为 ARC/INFO 和 ARC/VIEW，其他的还有 IDRISI，SPANS，MAPINFO 等）、图象处理软件（IDRISI 提供的功能或 ERDAS 等）、数据管理软件（FOXPRO，ACCESS 或 DBASE 等）；全球定位系统（GPS）以及其他外围和辅助设备。

(3) GIS 项目设计。确定数据主题及其划分等级（通常有高程、公路、保护区边界、管理站地点、保护区划分的区带、居民地、土壤、土壤湿度、温度气候及其季节性变化、植被、土地利用和物种分布、人类活动分布等）；确定数据要求的尺度、分辨率、空间范围等；工作开展的顺序和时间；数据库和系统的设计和建立。

(4) 基础资料获取。购买适当尺度的遥感卫星图片、航空照片。

(5) 地图资料的数字化和属性数据库的建立。根据保护区的需要建立相应的分析及预测模型。

(6) 人员培训。这是 GIS 发挥作用不可忽视的工作。

(7) 生物多样性信息长期监测。通常应由巡逻人员记录下巡逻时观察到的野生生物和人类活动情况，并输入到监测系统中。应定期在选定区域或整个保护区进行资源调查并录入监测系统中。

(8) 地图数据更新。土地利用、植被、道路、河流以及其他经过一定时间会发生变化的数据，应定期更新。对不同的主题可根据其变化速率制定相应的更新周期，以保证计算机中的 GIS 代表了当时当地的保护区现状。

(9) 对长期监测数据进行分析。分析或预测结果为保护区的规划和生物多样性保护策略服务。

3 GIS 在保护区的应用面临的主要问题及对策 (Xie Yan *et al.*，1998)

已建立的为数不多的保护区 GIS 还存在许多值得推敲和改进的地方，特别是 GIS 在生物多样性编目、监测和分析过程中几乎没有发挥作用，十分可惜。在此对这些问题略作分析，并提出一些解决方案，供保护区管理和技术人员、以及生物多样性保护界同行参考。

(1) 中国保护区的 GIS 开展工作目前还主要由外资支持。例如西双版纳保护区由加拿大的国际发展研究中心（IDRC）资助建立的。正在云南 6 个保护区建立的 GIS 是由荷兰政府协助建立。大量的 GIS 建立工作由研究院校的研究和技术人员完成。虽然有技术培训的工作，然而保护区管理人员仍然缺乏对 GIS 作用的认识，而且保护区严重缺乏熟练运用 GIS 技术的人员。这些因素大大限制了已建立的 GIS 的作用。因此建议：

(a) 每个保护区应该培训两个或两个以上的 GIS 技术人员。

(b) 不仅应加强培训 GIS 技术人员，同时应加强对保护区主要管理决策人员的基础 GIS 知识的培训。培训应着重在 GIS 的基本理论、功能，特别是管理决策中的应用。一旦决策人员充分了解了 GIS 可能为保护区管理和持续利用提供的帮助，他们会积极考虑重视建立、发展和利用 GIS。

(c) 在 GIS 培训材料中应加入更多的在管理层次应用成功的事例。这些培训的重要任务

之一应该是充分发现GIS技术在保护区管理和生物多样性监测等方面的作用。而被培训的GIS技术人员在了解GIS的作用之后，应该积极地利用和发展其保护区的GIS，为保护区提供信息和建议。

(d) GIS技术人员有责任提高保护区的其他工作人员对GIS功能的了解，并鼓励他们利用GIS中的信息和分析功能，帮助他们提高其工作效率和质量。

(e) 管理人员应鼓励GIS技术人员参与决策的制定，以及各种报告的编写，以便充分发挥GIS在决策和管理上的作用。

(2) 已建立的GIS没有给以物种的编目、监测和分析工作以足够的重视。涉及到的物种少，而且没有建立起开展日常的、长期的物种监测和录入GIS系统的工作。全国的保护区应建立起一套完备的、与GIS相连的生物多样性（特别是物种）监测系统和信息系统。这套系统应有以下特点：

(a) 监测系统应与GIS相联，所录入的生物多样性数据可便捷地在GIS中显示和分析

(b) 具有方便易学的录入界面。

(c) 提供公共使用的数据库，如物种分类数据库、植被类型数据库等。

(d) 提供标准的编码系统，如物种、地点、参考文献和生态系统等。

(e) 野外鉴定物种从来是很困难的事。涉及几乎所有分类门类的生物多样性监测工作，对于缺少分类知识的保护区人员来讲更加困难。因此提供帮助辨别和鉴定物种的功能，将具有重要意义，如物种的外型识别特征、度量、照片或特征图；物种的踪迹描述或图片；物种的鸣声录音；各个生态系统特点和主要物种组成等。

(f) 因保护区人员多数对拉丁学名，甚至中文学名不太熟悉，编制较为完整的物种名称系统，将会帮助保护区人员确定物种。这包括同物异名、中文学名、中文俗名、当地俗名、英文名等。

(3) 如有可能最好在GIS和生物多样性监测系统建立应用之后不久，开展一次有生物学家和数据库专家参加的，涉及保护区全范围的生物资源普查工作。这样的工作将为保护区刚刚建立起来的GIS提供较为系统的保护区内生物多样性信息，帮助保护区管理和技术人员熟悉生物的分类、名称、物种鉴定、数据录入和GIS技术应用等工作，以便于生物多样性编目、监测和分析工作的长期正常进行。这是野生生物致危因素科学分析和物种管理保护规划准确制定的前提。

(4) 目前许多保护区还没有能力建立GIS，但是只要有计算机的单位，应开始使用简单的数据库管理软件（EXCEL，ACCESS，FOXPRO，甚至DBASE），将有关物种的观察记录卡片上的信息录入计算机中，并可使用这些简单的软件开展基本的统计和分析工作。这样做的目的，一是为将来GIS提供物种的信息；二是通过这种方式促进生物多样性信息的监测工作的长期顺利进行；三是逐渐提高保护区的数据库管理能力。不过在鼓励所有保护区开展这项工作之前，应该制定一个适用于所有保护区的工作框架，提供应收集的信息的统一标准，提高数据的兼容能力。

(5) 对于许多还没有开展物种监测工作的保护区，应首先选择几个重要的“旗帜”式物种，开展有系统的、长期的监测和管理。例如卧龙保护区的大熊猫的分析研究就是一个较好的例证。通过几个物种来熟悉和掌握物种监测、数据库管理和GIS技术，以及这些技术在保护区管理和生物多样性保护决策中的作用。在条件成熟之后，开展涉及大多数物种的编目、监测

工作将变得较为容易。

(6) 生物多样性监测的工作十分重要，但对人类活动的监测工作也应得到相应的重视。特别是目前保护区的旅游开发十分火热，监测不同季节、节假日和工作日、不同时间、不同地点的旅游人员流动量，并根据保护区内的承载量，调节和限制旅游人数。结合生物多样性监测分析结果，可制定相应的旅游路线，避免对保护区内生物多样性脆弱区域带来过分干扰。这种工作将对保护区资源的持续利用和管理发挥重要作用。

(7) 为培训和充分发挥收集的数据和 GIS 的作用，建议一定时期应邀请生物多样性方面的 GIS 和数据库专家检查数据质量，并与保护区管理人员一起，根据保护区管理，特别是生物多样性监测和保护方面的新的需要，对已有信息进行分析，一方面帮助制定新的决策；另一方面根据保护区新的需求，扩大或改变信息监测范围，开拓新的 GIS 应用领域。

(8) 保护区应鼓励大学和其他研究机构在保护区利用 GIS 中的信息开展研究工作，他们的研究结果和收集的数据可以为保护区所用。并应有意识地促进保护区之间的数据交换和技术交流。

(9) GIS 建立后，还应充分发挥其信息收集和系统化的功能，为把保护区变为生物多样性保护和中小学生生物学实践的重要基地发挥作用。

保护区 GIS 的建立工作最近几年取得了一些进展，但总的说来该工作与发达国家和生物多样性保护的迫切需要相比还差得很远。例如加拿大的所有国家级保护区在 20 年前就开始建立 GIS，现在都已有相当的 GIS 软硬件设备，以及如高程、公路、保护区边界、植被等基本的 GIS 数字化地图。我国计算机在保护区正在逐渐普及，在国内外保护界的帮助下建立 GIS，使长期而系统的生物多样性资源编目、监测和分析的工作迅速开展起来。GIS 技术将为我国的生物多样性保护发挥重要作用。

参考文献

陈述彭．1992．地学的探索．——地理信息系统．北京：科学出版社，4～52

何建邦，蒋景瞳．1993．中国地理信息系统发展的回顾．见林晖(主编)．地理信息系统的发展与前景．北京：科学出版社，12～17

David Welch and Jean Poitevin. 1997. Geographic Information Systems for Biodiversity Conservation and Sustainable Development in Xishuangbanna Biosphere Reserve, Yunnan Province, Peoples' Republic of China. Ottawa: Parks Canada

Han Nianyong, Yao Bijun, Zeng Benxiang. 1997. GIS application for improving biosphere reserve management. China—Mab Newsletter, (1)

Ouyang Zhiyun, Yang Zhiqiang. 1996. Application of geographical information system in the study and management in Wolong Biosphere Reserve. China's Biosphere Reserves, Special Issue, 47～55

Tomlinson Associates Ltd. 1994. GIS User Needs Analysis and Implementation Strategy for Jasper National Park. Ottawa: Parks Canada

XIE Yan, Jean Poitevin, David Welch and Roger Suffling. 1998. A survey of GIS—based biodiversity application in National Parks in Canada. Ottawa: Parks Canada

UTILIZING OF GIS TECHNIQUE IN RESERVES MANAGEMENT

Xie Yan

(Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

The article describes the procedure of GIS development in nature reserves and provides some recommendations to problems exiting in current GIS projects in nature reserves in China. It especially solve on the severe problem of ignorance of GIS technology function in the field of Biodiversity Inventory, Monitoring and Analysis. Specific recommendations are provided to improve the efficiency of Biodiversity conservation in nature reserves with the help of GIS.

Key words: GIS, Nature reserves, Biodiversity

附　　录

附录 1

第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会纪要

第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会于1998年12月11日至13日在云南省昆明市举行。此次会议由中国科学院生物多样性委员会、国家环境保护总局自然生态保护司和国家林业局野生动植物保护司共同主办，中国科学院昆明动物研究所承办。其主题是面向21世纪的中国生物多样性保护。中国科学院副院长许智宏院士、国家环境保护总局王礼嫱副司长、中国科学院昆明分院院长张壮鑫研究员、中国科学院办公厅李云玲主任出席了会议并作了讲话。

许智宏院士在讲话中指出，中国是最早签署《生物多样性公约》的国家之一，率先制订了《中国生物多样性保护行动计划》，并在近年取得了一定成绩，但是前景不容乐观，任务仍然艰巨。生物多样性保护与持续利用工作在很大程度上受到信息和技术的制约。到目前为止，我们国家仍然处于家底不清的状况，对于大多数保护物种的濒危机制所知甚少，距科学有效地进行生物多样性管理还有相当差距，迫切需要加强生物多样性的理论研究，为保护和持续利用决策提供充分的科学依据。

全国生物多样性研讨会是国内本领域水平最高的学术会议，本届研讨会是继1994年第一届研讨会和1996年第二届研讨会以来规模最大的一届研讨会。包括台湾、香港在内的全国20个省、区及美国密苏里植物园的133位专家学者出席了研讨会。研讨会分为大会报告、分组报告、分组讨论和幻灯展示，其中大会报告18个、分组报告28个，内容涉及生物多样性总论、遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性和生物多样性信息管理等各个方面，其热点主要集中在7个方面：生物多样性的调查、编目及信息系统的建立；人类活动对生物多样性的影响；生物多样性的生态系统功能；生物多样性的长期动态监测；物种濒危机制及保护对策的研究；栽培植物与家养动物及其野生近缘种的遗传多样性研究；生物多样性保护技术与对策。中国科学家的研究成果在其中的许多领域已经达到国际水平。

台湾学者和香港学者是第一次出席国内举办的全国性生物多样性学术研讨会，他们所作的学术报告引起了与会代表的极大兴趣。

研讨会共征集论文125篇，会前编印了论文摘要集并在会上进行了交流。会后将正式出版本次会议的论文集。

本次研讨会在世纪之交为广大专家学者提供了一次聚集一堂、共同总结和回顾过去、展望未来、勾画我国21世纪生物多样性研究和保护蓝图的机会，是一次承前启后、继往开来的重要会议，对把我国生物多样性保护和持续利用事业全面推向新世纪具有深远的意义。

第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会大会报告

（以报告人姓氏拼音为序）

报告人	报　告　题　目
陈灵芝	生物多样性科学前沿
洪德元	植物濒危机制研究进展
胡志昂	从遗传多样性成就展望21世纪生物多样性科学
黄大卫	生物系统学与生物多样性
黄宏文	猕猴桃遗传多样性及利用
黄瑞复	生态遗传学在生物多样性保护中的作用
黄生	台湾生物多样性的保育近况
纪力强	生物多样性信息系统建设的现状与CBIS简介
季维智	云南野生动物多样性及保护
李德铢	现代生物地理学发展与生物多样性保护
李典谟	物种濒危机制研究——种群生存力分析途径
潘伯荣	绿洲生态系统多样性
钱迎倩	生物安全研究的新进展与发展趋势
许再富	民族文化与生物多样性保护
叶万辉	物种多样性与植物群落的维持机制
张亚平	濒危动物遗传多样性研究
周锦超	香港的生物多样性及其保育工作

附录 2

作者索引

白玉亭 ………………… (192)
蔡淇松 ………………… (445)
曹　敏 ………………… (426)
常　杰 ………………… (366)
陈爱国 ………………… (307)
陈虹勋 ………………… (445)
陈灵芝 ………………… (434)
陈清潮 …………………… (9)
陈三阳 …………………… (38)
陈雪梅 ………………… (137)
程瑞梅 ………………… (291)
崔景云 ………………… (307)
代力民 …………………… (21)
丁　波 …………………… (79)
丁建清 ………………… (287)
董玉琛 ………… (121，128)
段昌群 …………………… (13)
段其武 …………………… (46)
范树国 …… (84，96，102)
付卫东 ………………… (297)
付永能 ………………… (307)
高圣义 …………………… (13)
高玉慧 ………… (386，391)
葛　滢 ………………… (366)
韩灯保 ………………… (419)
韩联宪 ………… (155，282)
郝占庆 …………………… (21)
何池全 ………………… (163)
何君舰 ………………… (272)
贺金生 … (316，331，348)
胡德龙 ………………… (348)
胡　彧 ………………… (198)
黄培祐 ………………… (354)
黄　生 …………………… (27)
黄忠良 …………………… (30)
蒋志刚 ………………… (265)
金建华 ………………… (171)
李朝达 ………………… (419)
李鸣光 ………… (360，450)
李佑荣 ………………… (376)
李　悦 ………… (112，137)
梁承邺 …… (84，96，102)
林曜松 …………………… (27)
刘爱忠 …………………… (38)
刘灿然 ………………… (331)
刘宏茂 …………………… (46)
刘鸿先 …… (84，96，102)
刘惠宁 ………………… (182)
刘　林 …… (84，96，102)
刘　念 ………………… (187)
刘秋云 ………………… (360)
刘文杰 ………………… (376)
刘　旭 ………… (121，128)
刘银至 ………………… (239)
刘玉洪 ………………… (376)
刘志秋 ………………… (307)
刘志勇 ………………… (192)
陆大根 ………………… (366)
陆峻岵 ………………… (192)
陆庆光 ………………… (372)
罗建仁 ………………… (145)
罗天宏 ………………… (272)
马　盾 ………………… (192)
马克平 ……………………
(5，316，331，434，455)
马友鑫 ………………… (376)
孟　琳 …………………… (13)
缪汝槐 ………………… (450)
倪红伟 ………… (386，391)
潘伯荣 ………………… (395)
裴盛基 …………………… (38)
彭少麟 ………………… (403)
秦国强 ………………… (366)
任　海 ………………… (403)
桑卫国 ………………… (455)
佘宇平 ………………… (426)
沈熙环 ………………… (137)
唐小焱 ………………… (403)
王　斌 …………………… (51)
王宏镔 …………………… (13)
王焕校 …………………… (13)
王俊浩 …………………… (30)
王磐基 ………………… (198)
王庆礼 …………………… (21)
王仁卿 ………………… (413)
王　韧 ………………… (297)
王瑞江 ………………… (208)
王瑞武 ………………… (419)
王峥峰 ………………… (360)
韦　强 ………………… (239)
吴海一 ………… (386，391)
夏经世 ………………… (265)
夏仕玲 ………………… (145)
向言词 ………………… (403)
萧丽萍 ………………… (222)
谢宗强 ………………… (230)
解　焱 ………………… (462)
邢晓林 ………………… (366)
徐祥美 ………………… (252)
许再富 …………… (46，58)
许智宏 ……………………… (3)
Xu Zhaoran ………… (450)
杨大荣 ………………… (419)
杨效东 ………………… (426)
杨永芳 ………………… (198)
姚瑞英 ………………… (419)
叶婵娟 ………………… (272)
于顺利 ………………… (434)

于晓东 ………………… (272)
昝启杰 ………………… (360)
曾庆文 ………………… (239)
詹选怀 ………………… (252)
张承军 ………………… (434)
张春晓………… (112，137)
张建伟……………………… (64)
张军丽 ………………… (360)
张克映 ………………… (376)
张林源………… (259，265)
张明才 ………………… (413)
张亚平……………………… (79)
张一平 ………………… (376)
张　跃 ………………… (145)
张再君 …… (84，96，102)
赵魁义 ………………… (163)
赵志春 ………………… (163)
郑光明 ………………… (145)
周海生 ………………… (272)
周红章 ………………… (272)
周锦超 ………………… (222)
周仁章 ………………… (239)
周瑞昌………… (386，391)
周　伟………… (155，282)
周文能……………………… (70)
朱新平 ………………… (145)

附录 3

第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会通讯录

姓名	性别	职称、职务	工作单位	邮编	电话
蔡庆华	男	研究员	中国科学院水生生物所	430072	027—87647865
曹洪麟	男		中国科学院华南植物研究所	510650	020—87705626—455
常　杰	男	教授	浙江大学生命科学学院	310012	0571—7972193
陈炳辉	男	高工	中国科学院华南植物研究所	510650	020—85231630
陈海山	男	助研	中国科学院华南植物研究所	510650	020—87705626—201
陈灵芝	女	研究员	中国科学院植物研究所	100093	010—62591431—6288
陈清潮	男	研究员	中国科学院南海海洋所	510301	020—84195133
代力民	男	研究员	中国科学院沈阳应用生态所	100015	024—23916285
党承林	男	教授、所长	云南大学生态所	650091	0871—5033785
邓红兵	男	博士生	中国科学院沈阳应用生态所	110015	024—23916285
丁　波	男	助研	中国科学院昆明动物研究所	650223	0871—5198993
丁洪美	女	记者	中国绿色时报	100714	010—64202966
丁　琼	女	高工	国家环境保护总局外经办	661400	010—66151932
段昌群	男	教授	云南大学生物系	650091	0871—5032753
冯定霞	女	研究生	云南大学生态所	650091	
付永能	男		中国科学院西双版纳热带植物园	666303	
高贤明	男	副研	中国科学院植物研究所	100093	010—62591431—6263
葛　滢	女	副教授	浙江大学生命科学学院	310012	0571—7972193
龚　洵	男	副研	中国科学院昆明植物研究所	650204	0871—5150660
郭晓荣	女	研究生	中国科学院昆明植物研究所	650204	0871—5150660
韩联宪	男	副教授	西南林学院资源学院	650224	0871—5634289
郝日明	男	副研	中国科学院江苏省植物研究所	210014	025—4432075
郝占庆	男	副研	中国科学院沈阳应用生态所	110015	024—23916287
何池全	男	博士生	中国科学院长春地理所	130032	0431—5665374
何远辉	男	高工	中国科学院昆明动物研究所	650223	0871—5190504
洪德元	男	院士	中国科学院植物研究所	100093	
侯淑琴	女	高工	中国科学院植物研究所	100093	010—62591431—6216
胡　彧	女	研究生	河南大学环境与规划学院	475001	
胡志昂	男	研究员	中国科学院植物研究所	100093	010—62591431—6221
黄大卫	男	研究员、副所长	中国科学院动物所	100080	
黄宏文	男	研究员、副所长	中国科学院武汉植物研究所	430074	
黄忠良	男	研究员	中国科学院华南植物研究所	510650	0758—2621187
黄生	男	教授	国立台湾师范大学生物学系		02—9326234

黄瑞复	男	教授	云南大学	650091	0871—5033547
纪力强	男	副研	中国科学院动物所	100080	010—62634437
季维智	男	研究员、所长	中国科学院昆明动物研究所	650223	
蒋耀青	女	研究员	中国科学院遗传所	100101	010—62559515
江望高	男	教授	云南大学	650091	0871—3110487
昝启杰	男	助研	深圳福田自然保护区		
John Follower	M	Ph. D	香港嘉道理农场暨植物园		(852) 24839534
孔昭宸	男	研究员	中国科学院植物研究所	100093	010—62591431—6437
赖志敏	女	高工	中国科学院华南植物园	510520	020—85231900
李德铢	男	研究员、副所长	中国科学院昆明植物研究所	650204	0871—5150660
李典谟	男	研究员、副所长	中国科学院动物所	100080	010—62555612
李国斌	男	Ph. D	香港嘉道理农场暨植物园		(852) 24839534
李海鹏	男	研究生	中国科学院昆明动物研究所	650223	
李久林	男	研究员	贵州科学院山地资源所	550001	
李美兰	女	研究生	中国科学院昆明植物研究所	650204	0871—5150660
李　嵘	女	研究生	中国科学院昆明植物研究所	650204	0871—5150227
李欣海	男	助研	中国科学院动物研究所	100080	010—62557570
李义明	男	副研	中国科学院动物研究所	100080	010—62567570
李云玲	女	研究员、主任	中国科学院办公厅	100864	
李　悦	男	副教授	北京林业大学	100085	010—62338105
刘爱忠	男	博士	中国科学院昆明植物研究所	650204	
刘灿然	男	助研	中国科学院植物研究所	100093	010—62591431—6275
刘光佐	女	编辑	中国科学院昆明动物所《动物学研究》编辑部	650223	0871—5199026
刘宏茂	男	副研	中国科学院西双版纳热带植物园	666303	
刘惠宁	男	Ph. D.	香港嘉道理农场暨植物园		(852) 24839534
留佳宁	女	翻译	香港嘉道理农场暨植物园		(852) 24881978
刘　念	男	研究员	中国科学院华南植物研究所	510650	020—85231825
刘瑞清	女	研究员	中国科学院昆明动物研究所	650223	0871—5195375
刘　旭	男	副研	中国农科院品资所	510650	010—62186628
刘友良	男		中国科学院江苏省植物研究所	210014	025—4432075
龙春林	男	研究员	中国科学院昆明植物研究所	650204	0871—5150227
娄治平	男	工程师、副处长	中国科学院资环局生物处	100864	010—68597554
陆峻峭	男	副研	新疆农科院农作物品种资源所	830091	0991—4520311
罗　静	女	研究生	中国科学院昆明动物研究所	650223	
马克明	男	副研	中国科学院生态环境研究中心	100085	010—62925511—3069
马克平	男	研究员	中国科学院植物研究所	100093	010—62591431—6285
马友鑫	男	研究员	中国科学院西双版纳热带植物园	650223	0871—5155974

倪建福	男	副研	甘肃农科院粮食作物所	730070	
潘伯荣	男	研究员、副所长	中国科学院新疆生态与地理所	830011	0991－3835294
潘跃芝	女		中国科学院昆明植物研究所	650204	0871－5150660－3815
钱迎倩	男	研究员	中国科学院植物研究所	100093	010－62591431－6003
任国鹏	男	研实	中国科学院昆明动物研究所	650223	0871－5190504
时意专	女	编辑	中国科学院植物研究所《生物多样性》编辑部	100093	010－62591431－6137
孙大川	女	编辑	中国科学院植物研究所《生物多样性》编辑部	100093	010－62591431－6137
孙　航	男	研究员	中国科学院昆明植物研究所	650204	0871－5150660
谭克辉	男	研究员	中国科学院植物研究所	100093	010－62591431－6214
佟凤勤	男	研究员、副局长	中国科学院资源环境科学与技术局	100864	010－68597550
王耀辉	男	工程师	湖南怀化市林业局	418000	2762568
王　斌	男	硕士	国家海洋局办公室	100860	010－68033231
王洪新	女	研究员	中国科学院植物研究所	100093	010－62591431－6221
王江林	男	研究员	庐山植物园	332900	0791－8282542
王磐基	男	教授	河南大学环境与规划学院	475001	0378－2861497
王礼嫱	女	高工	国家环保总局	100035	010－66165635
王瑞江	男	助研	中国科学院华南植物研究所	510650	020－87705626－433
王雁玲	女		中国科学院动物所	100080	010－62565289
王应祥	男	研究员	中国科学院昆明动物研究所	650223	0871－5199413
王玉国	男	助研	广西植物研究所	541006	0773－3550090
王跃招		副研	中国科学院成都生物研究所	610041	028－5553920
魏开建	男	讲师	华中农业大学水产学院	430070	
伍玉明	女	高工	中国科学院动物所	100080	010－62561876
吴珍兰	女	研究员	中国科学院西北高原生物研究所	810001	0971－6133353
夏经世	男	高工、副主任	北京麋鹿生态实验中心	100076	010－67992107
萧丽萍	女	Ph. D.	香港嘉道理农场暨植物园		(852) 24839534
谢　焱	女	助研	中国科学院动物所	100080	
熊传喜	女	副教授	华中农业大学水产学院	430070	
徐　黎	女	编辑	中国科学院植物研究所《植物分类学报》	100093	
许再富	男	研究员、园主任	中国科学院西双版纳热带植物园	666303	0691－8715260
许智宏	男	院士、副院长	中国科学院	100864	
杨昌岩	男	高工	湖南通道县林科所	418500	0745－8623078
杨大荣	男	研究员	中国科学院昆明动物研究所	650223	
杨连玺	男	高工	中国科学院昆明动物研究所	650223	0871－5198080
杨永平	男	副研	中国科学院昆明植物研究所	650204	0871－5150660
叶万辉	男	研究员	中国科学院华南植物研究所	510650	020－87639415

乙 引	男	副教授	贵州师范大学生物所	550001	0851—6897541
于顺利	男	博士生	中国科学院植物研究所	100093	010—62591431—6263
闫海忠	男	工程师	云南大学生态所	650091	
於 虹	女	助研	中国科学院江苏省植物研究所	210014	025—4432075
曾晓茂	女	副研	中国科学院成都生物研究所	610041	028—5223703
张建伟	男	讲师	河南大学法学院	475001	0378—2857228
张丽赫	女	编辑	中国科学院植物研究所《植物生态学报》	100093	010—62591431—6134
张林源	男	助研	北京麋鹿生态实验中心	100076	010—67992107
张亚平	男	研究员、副所长	中国科学院昆明动物研究所	650223	
赵南先	男	研究员	中国科学院华南植物研究所	510650	020—85231712
张壮鑫	男	研究员、院长	中国科学院昆明分院		
赵之伟	男	教授	云南大学生物系	650091	0871—5232870
曾庆文	男	高工	中国科学院华南植物园	510520	020—85231900
郑光明	男		农业部珠江水产所	510380	
周红章	男	副研	中国科学院动物所	100080	010—62562794
周 洁	女	教授	华中农业大学水产学院	430070	027—7393766—2113
周锦超	男	Ph. D.	香港嘉道理农场暨植物园		(852) 24881978
周 伟	男	教授	西南林学院	650224	
周兴民	男	研究员、室主任	中国科学院西北高原生物研究所	810001	0971—6133353
周文磊	男		中国科学院	100864	
周玉荣	女	编辑	中国科学院植物研究所《植物生态学报》	100093	
周浙昆	男	研究员	中国科学院昆明植物研究所	650204	0871—5159932
朱富寿	男	讲师	贵州教育学院地理系	550003	0851—5832171
朱光华	男	Ph. D.	密苏里植物园	0296	
朱化玲	女	副研	云南大学生态所	650091	0871—5033785
朱建国	男	副研	中国科学院昆明动物研究所	650223	0871—5190776

附录 4

国内近年来生物多样性方面的出版物简介（续Ⅱ）

1　正式出版物

1.1　胡鸿兴，万晖.1995.湖北鸟兽多样性及保护研究.武汉：武汉大学出版社，47.6 万字

1.2　中国环境与发展国际合作委员会（编）.1997.保护中国的生物多样性.北京：中国环境科学出版社，27.7 万字

1.3　郭辉军，龙春林（主编）.1998.云南的生物多样性.昆明：云南科技出版社，22 万字

1.4　国家环境保护局.1998.中国履行《生物多样性公约》国家报告.北京：中国环境科学出版社，16.5 万字

1.5　邱少婷，彭镜毅（主编）.1998.海峡两岸植物多样性与保育：海峡两岸植物多样性与保育学术研讨会论文集.台中：国立自然科学博物馆，48 万字

1.6　世界资源研究所等.1995.薛达元，王捷，徐海根，刘标，周泽江译.1998.国家生物多样性规划指南：全球早先经验.北京：中国环境科学出版社，23 万字

1.7　宋延龄，杨亲二，黄永青（主编）.1998.物种多样性研究与保护.杭州：浙江科技出版社，42 万字

1.8　《中国生物多样性国情研究报告》编写组（编）.1998.中国生物多样性国情研究报告.北京：中国环境科学出版社，73.8 万字

1.9　左家哺（主编）.1998.南岳森林生物多样性研究.北京：中国林业出版社，49.2 万字

1.10　刘世荣，蒋有绪，史作民等.1998.中国暖温带森林生物多样性研究.北京：中国科学技术出版社，37.4 万字

1.11　陈灵芝，王祖望（主编）.1999.人类活动对生态系统多样性的影响.杭州：浙江科学出版社，47 万字

1.12　季维智，宿兵（主编）.1999.遗传多样性研究的原理与方法.杭州：浙江科技出版社，35 万字

1.13　林曜松（主编）.1999.迈向二十一世纪国家公园永续发展行动方案：生物多样性保育训练论文集.台北，23 万字

1.14　林曜松（主编）.1999.1999 生物多样性研讨会论文集.台北，50 万字

1.15　马克平（主编）.1999.中国重点地区与类型生态系统多样性.杭州：浙江科技出版社，46 万字

1.16　杨朝飞，薛达元，马克平，孙雪峰（主编）.1999.中国生物多样性数据管理与信息网络化能力建设.北京：中国环境科学出版社，97.2 万字

1.17　臧润国，刘静艳，董大方.1999.林隙动态与森林生物多样性.北京：中国林业出版社，40.3 万字

2　非正式出版物

2.1　马克明.1998.北京东灵山地区景观格局和生物多样性研究（博士后出站报告）.北京：中国科学院生态环境研究中心，138 页

2.2　桑卫国.1998.蒙古栎红松林动态及生物多样性主题信息标准的研究（博士后出站报

告）. 北京：中国科学院植物研究所，114页

2.3 于顺利 . 1999. 东北蒙古栎林的群落学特征及物种多样性 . 北京：中国科学院植物研究所，143页

2.4 中国科学院生物多样性委员会编 . 1999. 生物多样性的编目与监测（生物多样性研究与信息管理（BRIM）培训材料）. 北京：中国科学院生物多样性委员会，57页

2.5 周华锋 . 1999. 北京东灵山地区植物物种多样性和景观多样性研究 . 北京：中国科学院生态环境研究中心，89页

2.6 Biodiversity Committee/CAS. 1999. Biodiversity Inventory and Monitoring (Materials for Training Courses of BRIM). Beijing: Biodiversity Committee, The Chinese Academy of Sciences, pp165

（马克平辑）

收到期 2005
來 源 赠送
书 价 80.00
单据号
开票日期

中科院植物所图书馆
S0047320

ISBN 7-5038-2458-1
9 787503 824586 >

ISBN 7-5038-2458-1/Q · 0007
定价：80.00 元